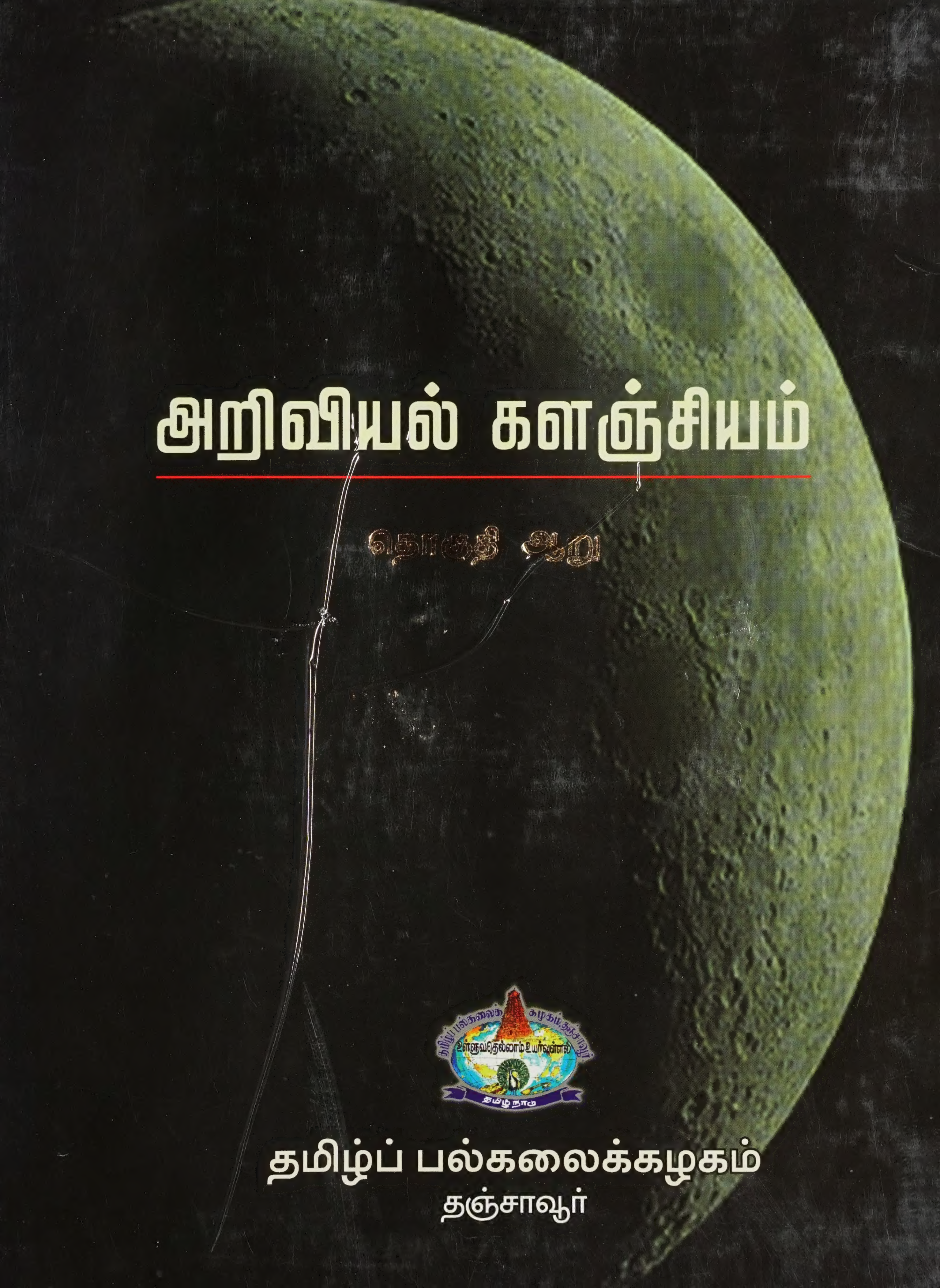


அறிவியல் களஞ்சியம்

தொகுதி ஆறு

தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம்
தஞ்சாவூர்

Digitized by the Internet Archive
in 2022 with funding from
University of Toronto Scarborough Library

https://archive.org/details/scienceencyloped06unse

அறிவியல் களஞ்சியம்

அறிவியல் களஞ்சியம்

தொகுதி ஆறு

(எஃகு கட்டகம் - ஓஜோ விளைவு)

தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம்
தஞ்சாவூர்

தமிழ்ப் பல்கலைக்கழக வெளியீடு : 63 - 6

திருவள்ளுவராண்டு 2019, மார்கழி - திசம்பர் 1988

நூல்	:	அறிவியல் களஞ்சியம் தொகுதி - 6
முதன்மைப் பதிப்பாசிரியர் (பொறுப்பு)	:	பேரா. கே.கே. அருணாசலம்
மொழி	:	தமிழ்
பொருள்	:	களஞ்சியம்
பதிப்பு	:	முதற்பதிப்பு 1988 மறுபதிப்பு 2007
பக்கம்	:	1024
தாள்	:	எஸ்.பி.பி. சூப்பர்பைன் 60 ஜிஎஸ்எம் (16 கி)
அளவு	:	1/4 டெம்மி
நூற்கட்டுமானம்	:	முழு காலிகோ
விலை	:	**உரூ. 800.00**
படிகள்	:	500
ஓவியம்	:	தே. நெடுஞ்செழியன்
அச்சு	:	ஹேமமாலா சிண்டிகேட், சிவகாசி.

அறிவியல் களஞ்சியம்

வேந்தர்

மேதகு முனைவர் பி. சி. அலெக்சாண்டர்

ஆளுநர், தமிழ்நாடு

இணைவேந்தர்

ஆ. பத்மநாபன், இ.ஆ.ப

மேதகு ஆளுநர் ஆலோசகர்

துணை வேந்தர்

பேரா. முனைவர் ச. அகத்தியலிங்கம்

முதன்மைப்பதிப்பாசிரியர் (பொ)

பேரா. கே. கே. அருணாசலம்

பொறுப்பாசிரியர்கள்

பேரா. கே. கே. அருணாசலம்

திரு. த. தெய்வீகன்

பதிப்புக்குழு

முதன்மைப் பதிப்பாசிரியர் (பொ)	: பேரா. கே. கே. அருணாசலம் அறிவியல் களஞ்சியமையம் தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம் தஞ்சாவூர்
பதிப்பாசிரியர்	: பேரா. பங்கஜம் கணேசன் கணிதம், புள்ளியியல், வானியல்
செய்தி திரட்டுவோர்	: திரு. த. தெய்விகன் வேதியியல் பொறிஞர் இரா. சரசவாணி பொதுப் பொறியியல், நிலஇயல் பொறிஞர் வா. அனுசுயா எந்திரப் பொறியியல், மின்பொறியியல் திரு. அர. கமலதியாகராசன் முதன்மைப் பதிப்பாசிரியரின் துறை திரு. ஜா. சுதாகர் இயற்பியல்
மொழித் திருத்துநர்	: திரு. வ. குமாரசாமி

வல்லுநர் குழு

இயற்பியல் துறை

பேரா. வி. கோவிந்தராசன்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர் - 5

பேரா. மூ. நா. சீனிவாசன்
இயற்பியல் துறைத் தலைவர்
சி. அப்துல் அக்கீம் கல்லூரி
மேல் விஷாரம் - 632 509
வட ஆற்காடு மாவட்டம்

பேரா. வெ. ஜோசப்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர் - 5

கணிதவியல் புள்ளியியல், வானியல் துறை

மேஜர். மு. அரவாண்டி
கணிதப்பேராசிரியர்
27, புதுக்காலனி
மன்னார்புரம்
திருச்சி-20

திரு. மு. ஜெயராம ஆறுமுகம்
முதல்வர்
அரசினர் கலைக்கல்லூரி
திருச்சி - 22

கால்நடைத் துறை

டாக்டர். செல்வராஜ்
மண்டல இணை இயக்குநர்
கால்நடைத்துறை
தஞ்சாவூர்

டாக்டர். நாச்சி ஆதித்தன்
கால்நடை மருத்துவர்
எழும்பலூர் ரோடு
பெரம்பலூர்

டாக்டர் மரியதாஸ்
துணை இயக்குநர்
கால்நடைத்துறை
திருச்சி

டாக்டர். எம். ராமன்
6, அண்ணாமலை நகர்
மெடிக்கல் காலேஜ் ரோடு
தஞ்சாவூர் - 7

தாவரவியல், வேளாண் துறை

பா. அண்ணாதுரை
உதவிப்பேராசிரியர்
அப்துல் ஹக்கீம் கல்லூரி
மேல் விசாரம் - 632509

கோ. அர்ச்சுனன்
இணைப் பேராசிரியர்
தேசியப் பயறுவகை ஆராய்ச்சி மையம்
புதுக்கோட்டை - 622001

நா. வெங்கடேசன்
தாவரவியல் பேராசிரியர்
ம. இரா. அ. கலைக்கல்லூரி
மன்னார்குடி - 614001

இரா. வைத்யநாதன்
தாவரவியல் பேராசிரியர்
அ.வீ.வா.நி திரு புட்பம் கல்லூரி
பூண்டி

தி. ஸ்ரீகணேசன்
தாவரவியல் பேராசிரியர்
மதுரைக் கல்லூரி
மதுரை - 625011

பொறியியல் துறை

எந்திரப் பொறியியல்

பொறிஞர் கே. ஆர். கோவிந்தன்
துணைப் பேராசிரியர் - எந்திரவியல் துறை
அரசினர் பொறியியல் கல்லூரி
சேலம் - 636011

பொறிஞர் செ. வை. சாம்பசிவம்
பேராசிரியர்-எந்திரவியல் துறை
அரசினர் தொழில்நுட்பக் கல்லூரி
கோவை

பொதுப்பொறியியல், நிலஇயல்

பொறிஞர் மு. புகழேந்தி
துணைப் பொறியாளர்
தமிழ்நாடு குடிநீர் வடிகால் வாரியம்,
19. ஏ, திருவள்ளுவர்புரம்
மயிலாடுதுறை

மின், மின்னணுப் பொறியியல்

பொறிஞர் வி. சி. பழனி
மின், மின்னணுப் பொறியியல் துறை
அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகம்
அண்ணாமலைநகர்

மருத்துவத்துறை

அறுவை மருத்துவும், பொது மருத்துவம்

டாக்டர். அவ்வை கலைக்கோவன்
C-87, 10ஆம் குறுக்குச் சாலை
தில்லை நகர் மேற்கு
திருச்சிராப்பள்ளி - 18

டாக்டர். கலைக்கோவன்
C-87, 10ஆம் குறுக்கு சாலை
தில்லை நகர் மேற்கு
திருச்சிராப்பள்ளி - 18

விலங்கியல் துறை

திரு. எஸ். ஆர். டி. சுந்தரமூர்த்தி
விலங்கியல் பேராசிரியர்
அ. ப. க. ப. கல்லூரி, பழனி

முனைவர். எஸ். தங்கவேல்
விலங்கியல் பேராசிரியர்
ஜமால் முகம்மது கல்லூரி
திருச்சிராப்பள்ளி

திரு. நடராஜன்
விலங்கியல் பேராசிரியர்,
அ.வீ.வா.நி. திருபுட்பம் கல்லூரி
பூண்டி

திரு. ராமகிருஷ்ணன்
விலங்கியல் பேராசிரியர்
அ.வீ.வா.நி. திருபுட்பம் கல்லூரி
பூண்டி

திரு. கோவி. ராமசாமி
துணைப் பேராசிர்யர்-விலங்கியல் துறை
அ. வ. அ. கல்லூரி
மன்னம் பந்தல் 609305

வேதியியல் துறை

திரு. இரா. இலக்குமணன்
வேதியியல் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசுக் கலைக்கல்லூரி
தஞ்சாவூர் - 613005

திரு. ருத்ர. துளசிதாஸ்
வேதியியல் பேராசிரியர்
மன்னர் துரைசிங்கம் அரசுக் கல்லூரி
சிவகங்கை

கட்டுரையாளர்

இயற்பியல் துறை

முனைவர் கோ. அழகர் இராமானுஜம்
ந. க. ம. கல்லூரி
பொள்ளாச்சி

திரு அ. ஆசப்அலி
இயற்பியல் துணைப்பேராசிரியர்
அரசினர் திருமகள் கலைக் கல்லூரி
குடியாத்தம்

திரு ஆ. இளங்கோவன்
உதவிப்பேராசிரியர்/இயற்பியல்
அமெரிக்கன் கல்லூரி
மதுரை-2

திரு கு. கணபதி
துணைப்பேராசிரியர்/இயற்பியல்
பெரியார் கலைக் கல்லூரி
கடலூர்-607001

திரு த. கமலக்கண்ணன்
9, 4 ஆம் தெரு
கோபாலபுரம்
சென்னை-600086

பேரா. வி. கிருஷ்ணமூர்த்தி
துறைத்தலைவர்/இயற்பியல்
அரசினர் ஆடவர் கல்லூரி
கும்பகோணம்

திரு ஆர். கேசவமூர்த்தி
மெட்டீரியல் சயின்ஸ் லேப்
இந்திரா காந்தி அணு ஆராய்ச்சி நிலையம்
கல்பாக்கம்-603102

திரு ச. கோவிந்தராஜ்
கணிதப்பேராசிரியர்
அரசுக் கலைக்கல்லூரி
கோயமுத்தூர்-641018

திரு சு. சக்திகுமார்
இயற்பியல் இணை விரிவுரையாளர்
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
திருநெல்வேலி-627007

திரு ச. சம்பத்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
மண்டலப் பொறியியற் கல்லூரி
திருச்சி

திரு எஸ். சீனிவாசன்
அறிவியல் அலுவலர்
மெட்டீரியல் சயன்ஸ் லேப்
இந்திரா காந்தி அணு ஆராய்ச்சி நிலையம்
கல்பாக்கம்-603102

திரு மூ. நா. சீனிவாசன்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
அப்துல் ஹக்கீம் கல்லூரி
மேல்விஷாரம்-632509

திரு கா. வே. சுப்பிரமணியன்
அ. வ. அ. கல்லூரி
மயிலாடுதுறை

திரு மு. சேக் முஸ்தஃபா
இயற்பியல் உதவிப்பேராசிரியர்
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
உடுமலைப்பேட்டை

திரு இரா. சேகரன்
இயற்பியல் துணைப்பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசினர் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

திரு கே. சௌந்தரம்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
81, பலுல்லா சாலை
தியாகராயநகர்
சென்னை-600017

திரு க. தங்கராசு
53, எழும்பூர் நெடுஞ்சாலை
சென்னை-600008

திரு நா. தங்வேலு
பூ. சா. கோ. பொ. கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்

பேரா. ந. நமச்சிவாயம்
ந. க. ம. கல்லூரி
பொள்ளாச்சி

திரு சா. நாகராசன்
18, செல்லம்மாள் தெரு
ஷெனாய் நகர்
சென்னை

திரு ரா. நாகராஜன்
இயற்பியல் பேராசிரியர்
ம. இரா. அரசுக்கலைக் கல்லூரி
மன்னார்குடி

திரு வே. நாராயணசாமி
17 பி, வெள்ளைப் பிள்ளையார் கோவில் தெரு
சோமசுந்தரம் குடியிருப்பு
மதுரை-625016

முனைவர் மி. நோயல்
மைய மின் வேதியியல் ஆய்வகம்
காரைக்குடி-623006

முனைவர் டி. பஞ்சாட்சரம்
இயற்பியல் துணைப் பேராசிரியர்
திரு. கொளஞ்சியப்பர் அரசினர் கலைக் கல்லூரி
விருத்தாசலம்-606001

முனைவர் அ. பாலசுப்பிரமணியன்
21, தெற்கு வாசல்
ஸ்ரீரங்கம் அஞ்சல்
திருச்சிராப்பள்ளி

பேரா. க. பாஸ்கரன்
முதல்வா/மாமன்னர் கல்லூரி
புதுக்கோட்டை-622001

திரு மா. பூங்குன்றன்
அறிவியல் களஞ்சியமையம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு கே. பொன்னம்பலம்
மாருதி நகர் விரிவாக்கம்
மேலைக்காவேரி அஞ்சல்
கும்பகோணம்-612002

திரு ஆ. பொன்னுசாமி
இயற்பியல் பேராசிரியர்
அரசினர் கல்லூரி
சேலம்

திரு கொ. சு. மகாதேவன்
அறிவியல் களஞ்சியமையம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு வ. மணிவண்ணன்
இயற்பியல் துணைப்பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

திரு ஆர். முத்துசாமி
இயற்பியல் உதவிப்பேராசிரியர்
பெரியார் கலைக் கல்லூரி
கடலூர்

திரு கு. முருகேசன்
முதுநிலை ஆசிரியர்/இயற்பியல்
அரசு மேல்நிலைப்பள்ளி
திருத்துறைப்பூண்டி-614713

திரு மெ. மெய்யப்பன்
பேராசிரியர்/இயற்பியல்துறை
மன்னர் சரபோசி அரசினர் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

திரு கே. என். ராமச்சந்திரன்
2024, அய்யன்குளம் கிழக்குக்கரை
சகாநாயகன் தெரு
தஞ்சாவூர்-613001

சோம. ராஜசேகரன்
5, இரண்டாம் சந்து
டாக்டர் நடேசன் சாலை
கிருஷ்ணாம் பேட்டை
சென்னை-600005

திரு சீ. ராஜன்
இயற்பியல் உதவிப்பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசினர் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

திரு எஸ். லட்சுமிகாந்தன்
இயற்பியல்துறை
பூ. சா. கோ. தொழில்நுட்பக்கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641004

திரு பா. வெங்கட்ரமணி
13-எ, எவரெஸ்ட்
அணுசக்தி நகர்
பம்பாய்-400094

திரு ஆர். வெள்ளைச்சாமி
இயற்பியல் பேராசிரியர்
அரசினர் கலைக் கல்லூரி
திருவண்ணாமலை

திரு இரா. வேங்கடசுப்ரமணியன்
37, தம்பைய ரெட்டித்தெரு விரிவு
மேற்கு மாம்பலம்
சென்னை-600033

திரு த. ஜான்பாலஸ்
இணை விரிவுரையாளர்
இ. து. அழகப்பா பொறியியற் கல்லூரி
காரைக்குடி-623004

திரு தேவ. ஜெயராமன்
4, ஏகாம்பரம் செட்டி காலனி
பொன்னேரி-601204

திரு வெ. ஜோசப்
இயற்பியல் துணைப் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோசி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்

கடலியல், கப்பல்கட்டுதல் துறை

டாக்டர். மு. அ. அக்பர்பாஷா
விலங்கியல் பேராசிரியர்
ஜமால் முகம்மது கல்லூரி
திருச்சி-20

டாக்டர் ஞா. எட்வின் சந்திரசேகரன்
விலங்கியல் துறை
பிஷப் ஹீபர் கல்லூரி
திருச்சி-17

திரு ம. அ. மோகன்
அறிவியல் களஞ்சியம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

கணிதவியல், புள்ளியியல், வானியல் துறை

மேஜர் மு. அரவாண்டி
கணிதப்பேராசிரியர்
27 புதுக் குடியிருப்பு
மன்னார்புரம்
திருச்சிராப்பள்ளி-20

செல்வி க. இந்திராணி
உதவிப் பேராசிரியர்
கணிதத்துறை
நிர்மலாக் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்

முனைவர் ப. கந்தசாமி
கணிதப்பேராசிரியர்
பி. எஸ். ஜி பொறியியற் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641004

பேராசிரியர் ஏ. எஸ். குமாரசாமி
12, அம்மணி அம்மாள் தெரு
சோமு முதலிக் காலனி
சென்னை-600028

திரு எம். சங்கரநாராயணப் பிள்ளை
ஏ. கே. 33. அண்ணாநகர்
11 ஆம் முதன்மைச் சாலை
சென்னை-40

திரு கோ. சண்முகசுந்தரம்
முதல்வர்
ஜி. டி. என். கலைக்கல்லூரி
திண்டுக்கல்-624004

முனைவர். வி. எஸ். சம்பத்குமார்
புள்ளியியல் பேராசிரியர்
மாநிலக்கல்லூரி
சென்னை-5

பேரா. ஜே. டி. சாமுவேல்
முதல்வர்
பிஷப் தார்ப் கல்லூரி
தாராபுரம்
கோயம்புத்தூர் மாவட்டம்

பேரா. பொன். ஞானசுந்தரம்
1, புதுத்தெரு சந்து
வடக்கு ஆண்டார் வீதி
திருச்சிராப்பள்ளி-620002

திருமதி. தனலட்சுமி மெய்யப்பன்
41, சர்ச் முதல் தெரு
புது நகரம்
காரைக்குடி-623001

முனைவர் சா. கு. நாராயண்தாஸ்
இயற்பியல் துறை
பாரதியார் பல்கலைக்கழகம்
கோவை-641046

முனைவர் எஸ். எஸ். நாராயணசாமி
எப். 206, அண்ணாநகர் கிழக்கு
சென்னை-12

திருமதி. ஞா. பங்கயச்செல்வி
ஏ. டி. 4-பட்டினப்பாக்கம்
சென்னை-600028

திரு சி. பழநிசுவாமி
கணிதப்பேராசிரியர்
அரசுக் கலைக்கல்லூரி
அரியலூர்-621713

முனைவர் ப. பாண்டியராஜா
கணிதப்பேராசிரியர்
'பொன்னு இல்லம்'
மேலவீதி
கிருஷ்ணாபுரம்
பசுமலை
மதுரை-4

முனைவர் ப. மயில்சாமி
நிர்வாகவியல் துறை
பூ. சா. கோ. தொழில்நுட்பக் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641004

பேரா. எல். ராஜகோபாலன்
12, பெசண்ட் ரோடு
கும்பகோணம்

திரு. பெ. வடிவேல்
அறிவியல் களஞ்சிய மையம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

முனைவர் என். ஸ்தாணுமூர்த்தி
48, சிதம்பரசாமி தெரு மாடி
மயிலாப்பூர்
சென்னை-4

தாவரவியல், வேளாண் துறை

திரு உ. அஞ்சனம் அழகியபிள்ளை
இணைப் பேராசிரியர்
வேளாண்மை ஆராய்ச்சி நிலையம்
அருப்புக்கோட்டை
இராமநாதபுரம் மாவட்டம்

திரு பா. அண்ணாதுரை
உதவிப்பேராசிரியர்/தாவரவியல்
அப்துல் ஹக்கீம் கல்லூரி
மேல்விஷாரம்-632509

திரு பி. சம்பத்
துணைப்பேராசிரியர்
அரசினர் கல்லூரி
குடியேற்றம்
வடஆர்க்காடு மாவட்டம்

திரு கா. சிவப்பிரகாசம்
இணைப்பேராசிரியர்
பயிர் நோயியல் துறை
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக் கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு டி. கே. சீனிவாசன்
விரிவுரையாளர்
மாநில வனப் பயிற்சிக் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641002

திரு ந. சுந்தரம்
இணைப்பேராசிரியர்/மரபியல்
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு இரா. சுந்தரம்
18, ஆசிரியர் குடியிருப்பு
மோகனார் சாலை
நாமக்கல்-637001

திரு சுப. பழனியப்பன்
பேராசிரியர்
உழவியல் துறை
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு ச. பாலகதிரேசன்
வனச்செயல் திட்ட அலுவலர்
செர்ரி சாலை
சேலம்-636007

திரு தி. பாலகுமார்
துணைப் பேராசிரியர்/தாவரவியல்
அமெரிக்கன் கல்லூரி
மதுரை-625002

திரு கே. ஆர். பாலசந்திரகணேசன்
3/6 காஜாமலைக் குடியிருப்பு
திருச்சிராப்பள்ளி-620020

திரு அ. முகம்மது அலி
உழவியல் இணைப்பேராசிரியர்
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு ஏ. வி. ரங்கராஜன்
பேராசிரியர்
பூச்சியியல் துறை
தமிழ்நர்டு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு ராபின்சன் தாமஸ்
அறிவியல் களஞ்சியம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு இ. ஹென்றிலூயி
மரபியல் மையம்
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக் கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

திரு தி. ஸ்ரீகணேசன்
தாவரவியல் பேராசிரியர்
மதுரைக் கல்லூரி
மதுரை-625001

திரு சா. விஸ்வநாதன்
விரிவுரையாளர்
தென்மண்டல வனச்சார்பு அலுவலர்
பயிற்சிக் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641002

நிலவியல் துறை

திரு மு. ராமச்சந்திரன்
நூலக உதவியாளர்
தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம்
தஞ்சாவூர்-5

திரு இரா. ராமசாமி
நிலவியல் துறை
பொறியியல் கல்லூரி
சென்னை-25

திரு இராம. ராமநாதன்
நிலவியல் விரிவுரையாளர்
அரசினர் பொறியியல் கல்லூரி
திருநெல்வேலி-7

சு. சந்திரசேகர்
அறிவியல் களஞ்சியம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு ந. சந்திரசேகர்
உதவிப்பேராசிரியர்
நிலவியல் துறை
வ. உ. சி. கல்லூரி
தூத்துக்குடி

திரு ஞா. விக்டர் ராஜமாணிக்கம்
துறைத்தலைவர், பேராசிரியர்
தொல்தொழில் துறை
தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகம்
தஞ்சாவூர்

திரு விக்டர் ஜே. லவ்சன்
தொலை உணர்வு மையம்
அண்ணா பல்கலைக்கழகம்
சென்னை-25

பொறியியல் துறை

எந்திரப்பொறியியல்

வயி அண்ணாமலை
உதவிப்பேராசிரியர் எந்திரவியல்
மூகாம்பிகைப் பொறியியற் கல்லூரி
கீரனூர்-622502

திரு இரா. கருணாநிதி
பேராசிரியர், துறைத்தலைவர்
பண்ணை எந்திரத்துறை
வேளாண் பொறியியற் கல்லூரி
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக் கழகம்
கோயம்புத்தூர்-641003

முதல்வர் மு. கிருஷ்ணன்
கே. எஸ். ரங்கசாமி இன்ஸ்டியூட் ஆப் டெக்னாலஜி
தோக்கவாடி அஞ்சல்
திருச்செங்கோடு-637209

திரு கே. ஆர். கோவிந்தன்
உதவிப்பேராசிரியர் எந்திரவியல் துறை
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
சேலம்-11

திரு உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை
உதவிச் செயற்பொறியாளர்
தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம்
புவனகிரி
சிதம்பரம்

திரு செ. தங்கவேலு
துணைப்பேராசிரியர்
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
டோல்கேட் சாலை
வேலூர்-632001

திரு ப. அர. நக்கீரன்
விரிவுரையாளர் - உற்பத்தித் தொழில்நுட்பம்
சென்னைத் தொழில்நுட்பக்கழகம்
குரோம்பேட்டை
சென்னை-44

திரு டி. நாகராஜ்
2/2, திருவள்ளுவர் சாலை
விருதுநகர்-626001

திரு பொ. கு. பழநி
இணை விரிவுரையாளர்
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
சேலம் 11

திரு நெல்லை சு. முத்து
அறிவியலார்
ஐ. எஸ். ஆர். ஓ
திருவனந்தபுரம்-695022

திரு க. வேதகிரி
விரிவுரையாளர் எந்திரவியல்
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
சேலம்-11

திரு வெ. ஸ்ரீதர்
3, திருப்பக்குளத்தெரு
கோட்டை
நாமக்கல் அஞ்சல், சேலம்

பொதுப்பொறியியல்

திரு வை. குருசாமி
தொலை உணர்வு மையம்
அண்ணா பல்கலைக்கழகம்
சென்னை-25

திரு வே. சீனிவாசன்
செயல் அறிவியலார்
தொலை உணர்வு மையம்
அண்ணா பல்கலைக் கழகம்
சென்னை-25

திரு எம். கே. நடராஜன்
உதவிப்பேராசியர்
அழகப்பா பொறியியல் கல்லூரி
காரைக்குடி-623004

முனைவர் எஸ். சி. நடேசன்
பொதுப்பொறியியல் துறை
பூ. சா. கோ பொறியியற் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641004

திரு இரா. வெ. சு. விஜயகுமார்
உதவிப்பொறியாளர்
பொதுப்பணித்துறை
திட்டம், வரை & வடிவமைப்பு வட்டம்
சென்னை-5

திரு அ. வீரப்பன்
151, பெரியதெரு
திருவல்லிக்கேணி
சென்னை

திரு க. ஜெகதீசன்
விரிவுரையாளர்
பொறியியல் கல்லூரி
அண்ணா பல்கலைக் கழகம்
சென்னை-25

திரு இல. சு. ஜெயகோபால்
துணைப்பேராசிரியர்
பூ. சா. கோ. பொறியியல் கல்லூரி
கோவை-600004

மின், மின்னணுப் பொறியியல்

திரு ப. இளங்கோ
பேராசிரியர்
பொறியியல் கல்லூரி
கிண்டி, சென்னை-25

முனைவர் எ. கிருஷ்ணன்
முதல்வர்
கே. எஸ். ரங்கசாமி பல்தொழில் நுட்பக்கல்லூரி
திருச்செங்கோடு-637209

முனைவர் க. சண்முகசுந்தரம்
மின்னியல் துறைத்தலைவர்
பூ. சா. கோ. பொறியியற் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641004

திரு எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்
உதவிக்கோட்டப் பொறியாளர்
தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம்
கோ. புதூர்
மதுரை

திரு மா. தாயுமானசாமி
உதவிக்கோட்டப் பொறியாளர்
தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம்
கோ. புதூர், மதுரை-625007

திரு நா. தியாகராஜன்
செயற்பொறியாளர்
தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம்
பழனி-624601
அண்ணா மாவட்டம்

திரு ஆர். நடராஜன்
உதவிச் செயற்பொறியாளர்
கட்டுமானம் & விரிவாக்கம்
தமிழ்நாடு மின்சார வாரியம்
பரமக்குடி

திரு கு. நல்லதம்பி
மின்பொறியியல் துணைப்பேராசிரியர்
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
சேலம்-636011

முனைவர் ந. நித்தியானந்தம்
பேராசிரியர், மின்னணுவியல் துறை
பொறியியற் கல்லூரி
கிண்டி
சென்னை-25

திரு வி. சி. பழனி
இணைப்பேராசிரியர், மின்னியல் துறை
அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகம்
அண்ணாமலைநகர்-608002

திரு க. அர. பழனிச்சாமி
உதவிப் பேராசிரியர்
மின்னணுவியல் துறை
அரசினர் பொறியியற் கல்லூரி
சேலம்-11

திரு ந. பழனிச்சாமி
25, முதன்மைச் சாலை,
சக்கரியா குடியிருப்பு
சென்னை-94

திரு பொ. ராசாமணி
உதவிக் கோட்டப்பொறியாளர்
மண்டலத் தலைமைப் பொறியாளர் அலுவலகம்
தமிழ்நாடு மின் வாரியம்
மதுரை - 7

திரு வி. எம். ஜி. ராமானுஜம்
உதவிக்கோட்ட மின் பொறியாளர்
மின் அளவை ஆய்வுப் பிரிவு
தமிழ்நாடு மின் வாரியம்
திருவண்ணாமலை

வேதிப் பொறியியல்

முனைவர் எம். எஸ். ஒளிவண்ணன்
உதவி இயக்குநர்
மையத் தோல் ஆராய்ச்சி நிலையம்
அடையாறு, சென்னை - 20

திரு கி. மு. மோகன்
இணை விரிவுரையாளர்/வேதியியல்துறை
ஆதிபராசக்தி பொறியியல் கல்லூரி
மேல்மருவத்தூர்

மருத்துவத் துறை

அறுவை மருத்துவம், பொது மருத்துவம்

டாக்டர் ரா. அமுதா
50, 3 ஆம் தெரு
அபிராமபுரம்
சென்னை-18

டாக்டர் அ. கதிரேசன்
24, கோவில் தெரு
அழகப்பா நகர்
சென்னை - 10

டாக்டர். சாரதா கதிரேசன்
24, கோவில் தெரு
அழகப்பா நகர்
சென்னை - 10

டாக்டர் சுதா சேஷய்யன்
8, சோமசுந்தரம் தெரு
குரோம்பேட்டை
சென்னை - 44

டாக்டர் சுவயம் ஜோதி
7, 3ஆம் வாய்க்கால் குறுக்குத்தெரு
காந்தி நகர்
சென்னை - 20

டாக்டர். க. செல்லப்பன்
3, கங்கா நகர்
சென்னை - 600024

டாக்டர். டி. எம். பரமேஸ்வரன்
C-261, திருநகர்
மதுரை - 11

டாக்டர் மு. கி. பழனியப்பன்
635, 27ஆம் தெரு
கொரட்டூர்
சென்னை-80

டாக்டர் எம். ஜெ. பிரடெரிக் ஜோசப்
பொன்னகம்
பாம்பாட்டித் தெரு
தஞ்சாவூர்

கால்நடை மருத்துவம்

டாக்டர் ரா. சீனிவாசன்
துணைப் பேராசிரியர்/மருத்துவத்துறை
கால்நடை மருத்துவக் கல்லூரி
சென்னை

திரு. எஸ். சையத் தாஜுதீன்
துணை இயக்குநர்
கால்நடை மேம்பாட்டு முனைப்புத் திட்டம்
தஞ்சாவூர்

டாக்டர் பி. என். சௌரி
துணை இயக்குநர்
கால்நடைத்துறை
ஒரத்தநாடு

டாக்டர். ச. தமிழரசன்
உதவி மருத்துவர்
கால்நடை மருத்துவமனை
ஒரத்தநாடு

டாக்டர் இரா. திருவள்ளுவன்
உதவி மருத்துவர்
மாவட்டக் கால்நடைப் பண்ணை
ஒரத்தநாடு

டாக்டர் பா. மரியதாஸ்
துறை வல்லுநர்
திருச்சிராப்பள்ளி-1

திரு. எஸ். ராம்பிரசாத்
உதவி இயக்குநர்
கால்நடை ஆய்வாளர் பயிற்சி நிலையம்
ஒரத்தநாடு

டாக்டர் எம். ராமன்
6, அண்ணாமலை நகர்
மருத்துவக் கல்லூரிச் சாலை
தஞ்சாவூர்-7

திரு தீ. சு. விசுவநாதன்
உதவி இயக்குநர்
கால்நடைத்துறை
மயிலாடுதுறை

விலங்கியல் துறை

திரு. என். இளங்கோவன்
விலங்கியல் விரிவுரையாளர்
அறிஞர் அண்ணா அரசுக் கலைக் கல்லூரி
காரைக்கால் - 609605

முனைவர் எம். உத்தமன்
விலங்கியல் உதவிப்பேராசிரியர்
அமெரிக்கன் கல்லூரி
மதுரை-2

ஜே. எட்வின்
உதவிப்பேராசிரியர்
விலங்கியல் பிரிவு
வ. உ. சி. கல்லூரி
தூத்துக்குடி

சா. காசிநாதன்
உயிரியல் பேராசிரியர்
ஜிப்மர் மருத்துவக் கல்லூரி
பாண்டிச்சேரி-6

திருமதி காந்தா பாலசுப்ரமணியன்
பேராசிரியர், உயிரியல் துறைத்தலைவர்
எம். வி. எம். அரசினர் மகளிர் கலைக் கல்லூரி
திண்டுக்கல்-624008

முனைவர் டி. குமாரசாமி
தலைவர், பூச்சியியல்துறை
தமிழ்நாடு வேளாண் பல்கலைக்கழகம்
கோயமுத்தூர் - 641003

திரு சி. குமாரப்பிள்ளை
முதல்வர்
குருநானக் கல்லூரி
கிண்டி
சென்னை-600032

திரு ர. குலசேகரன்
விலங்கியல் துணைப் பேராசிரியர்
அரசுக் கலைக்கல்லூரி
சேலம்-7

திரு சி. சங்கர நாராயணன்
103, கீழ்க்கடைத்தெரு
விருதுநகர்

முனைவர் அ. சங்கரன்
விலங்கியல் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோஜி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

பேரா. பா. சீதாராமன்
விலங்கியல் பேராசிரியர்
கொளஞ்சியப்பர் அரசு கலைக் கல்லூரி
விருத்தாசலம் - 606001

திரு ந. மணிவாசகம்
நீர் பகுப்பாய்வாளர்
பிரதான பொது சுகாதார ஆய்வுக்கூடம்
107-ஏ, ரேஸ்கோர்ஸ் சாலை
கோயம்புத்தூர்-641018

திரு ந. முத்துக்குமாரசாமி
அறிவியல் களஞ்சிய மையம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு அன. மெய்யப்பன்
விலங்கியல் பேராசிரியர்
அழகப்பா கல்லூரி
காரைக்குடி-623003

திரு என். ரங்காராம்
விலங்கியல் துணைப்பேராசிரியர்
ந. க. ம. கல்லூரி
பொள்ளாச்சி-642001

பேரா. க. ரத்தினம்
தமிழ்ப் பேராசிரியர்
மன்னர் சரபோஜி அரசுக் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613005

திரு கோவி. ராமசுவாமி
விலங்கியல் துணைப்பேராசிரியர்
அ. வ. அ. கல்லூரி
மன்னம்பந்தல்-609305

முனைவர் கே. ராமலிங்கம்
துணைப்பேராசிரியர்
அறிஞர் அண்ணா அரசுக் கலைக் கல்லூரி
செய்யாறு
வட ஆர்க்காடு மாவட்டம்

முனைவர் ந. ராமலிங்கம்
விலங்கியல் துறை
அண்ணாமலைப் பல்கலைக்கழகம்
அண்ணாமலை நகர்

முனைவர் வீ. ராமையன்
மேல்நிலைக் கடலுயிரியல் நிலையம்
பரங்கிப்பேட்டை - 608502

திரு செ. ராஜசேகரன்
மணி இல்லம்
6ஆம் தெரு, காந்திநகர்
பாப்பாகுறிச்சிக் காட்டூர்
திருச்சிராப்பள்ளி - 620019

முனைவர் கு. வரதராசன்
4/231, மின்வாரியக் குடியிருப்பு
ஈரோடு-638011

முனைவர் எஸ். கே. வள்ளி
விலங்கியல் பேராசிரியர்
மன்னர் அரசுக் கலைக் கல்லூரி
புதுக்கோட்டை

திரு எம். ஜெய்லானி
விலங்கியல் துணைப்பேராசிரியர்
புதுக்கல்லூரி
சென்னை - 600014

திருமதி ஜெயக்கொடி கௌதமன்
அறிவியல் களஞ்சிய மையம்
(முன்னர்ப் பணியாற்றியவர்)

திரு இரா. ஜேம்ஸ்
விலங்கியல் துணைப் பேராசிரியர்
வ. உ. சி. கல்லூரி
தூத்துக்குடி-628008

திரு அ. ஷேக் தாவூத்
விலங்கியல் உதவிப் பேராசிரியர்
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641018

வேதியியல் துறை

திரு தி. இளம்பூரணன்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
அரசு ஆடவர் கலைக் கல்லூரி
கும்பகோணம்-612001

திரு கி. கண்ணன்
பேராசிரியர்/வேதியியல்
ஏ.வி.வி.எம் திருபுட்பம் கல்லூரி
தஞ்சாவூர்-613503

முனைவர் எஸ். கருப்பண்ணசாமி
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
சேலம்-636007

முனைவர் த. கஜபதி
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
திருவண்ணாமலை

முனைவர் எம். கிருஷ்ணப்பிள்ளை
பேராசிரியர்/வேதியியல்
பாரதிதாசன் பல்கலைக்கழகம்
பல்கலைப்பேரூர்
திருச்சிராப்பள்ளி-620024

முனைவர் எஸ். கிருஷ்ணமூர்த்தி
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
மண்டலப் பொறியியற் கல்லூரி
திருச்சிராப்பள்ளி-620015

திரு கே. சுந்தரம்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
302-பி, சாமையன் தோட்டம்
ஸ்ரீ இராமகிருஷ்ணா வித்யாலயா
கோயம்பத்தூர்-641020

திரு த. சுவாமிநாதன்
பேராசிரியர்/வேதியியல்
115, டி. பி. எஸ் நகர்
தஞ்சாவூர்-613007

திரு பி. சோமசுந்தரம்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
மன்னர் அரசுக் கல்லூரி
புதுக்கோட்டை-622001

முனைவர் நெ. சு. ஞானப்பிரகாசம்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
லயோலாக் கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை-600034

திரு ருத்ர. துளசிதாஸ்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
29-பி, முத்துசாமி நகர்
சிவகங்கை

முனைவர் மே. இரா. பாலசுப்ரமணியன்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
அரசினர் பொறியியல் கல்லூரி
கோயம்புத்தூர்-641013

திரு ப. இ. மு. லியாகத் அலிகான்
துணைப்பேராசிரியர்/வேதியியல்
சேதுபதி அரசுக் கல்லூரி
இராமநாதபுரம்-623502

திரு ச. வெங்கடாசலம்
பேராசிரியர்/வேதியியல்
அ. வ. அ. கல்லூரி
மயிலாடுதுறை 609305

முனைவர் வ. ந. வேதாந்ததேசிகன்
பேராசிரியர்/வேதியியல்
வால்மீகித் தெரு
சோமசுந்தரம் காலனி
மதுரை-625016

நன்றியறிவிப்பு

Encyclopaedias

கலைக் களஞ்சியம்
தமிழ் வளர்ச்சிக்கழக வெளியீடு
சென்னை

McGraw-Hill Encyclopaedia of Science and Technology

McGraw-Hill Book Company
1221, Avenues of the America
New York 10020

Encyclopaedia Britannica
Encyclopaedia Britannica Inc
London

Encyclopaedia Americana
Americana Corporation
Danbury, Connecticut 06816

The New Caxton Encyclopaedia
The Caxton Publishing Company Ltd
London

The Collier's Encyclopaedia
MacDonald Rain Tree Inc
Purnell Reference Books Division
Orbis Publishing Limited
London

Grzimek's Animal Life Encyclopaedia
Van Nostrand Reinhold Company
New York

The New Book of Popular Science
Grolier Inc
Danbury, Connecticut 06816

The International Wild life Encyclopaedia
Marshall Cavendish Corporation
New York

The New Book of Knowledge
Arolier Inc
London

The Hamlyn Children's Animal World
Encyclopaedia in colour
The Hamlyn Publishing group Ltd
London

கலைச்சொற்கள்

Scientific and Technical Terms' Lists
Department of Ancient Sciences
Tamil University
Thanjavur 613001

பொறியியல்
மருத்துவக் கலைச்சொற்பட்டியல்கள்
திட்டம், தமிழ் வளர்ச்சித்துறை
தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம்
தஞ்சாவூர் 613001

ஜி. ஆர். தாமோதரன்
கலைச்சொல் அகராதி
பகுதிகள் 1,2,3
கலைக்கதிர் வெளியீடு
கோயம்புத்தூர் 641037

நன்றியுரை

அறிவியல் களஞ்சியம் ஆறாம் தொகுதியின் பணி, குறித்த காலத்தில் நிறைவுறப் பல்லாற்றானும் உதவி ஊக்கிய மாண்புமிகு துணைவேந்தர் முனைவர் ச. அகத்தியலிங்கம் அவர்களுக்கு என் நன்றியும் வணக்கமும் என்றும் உரிய.

களஞ்சியப் பணி செவ்வனே நடைபெறத் துணை நிற்கும் பல்கலைக் கழகப் பதிவாளர் முனைவர் பெ. சின்னையன் அவர்களுக்கும், துணைப் பதிவாளர் திரு. இரா. சுப்பராயலு அவர்களுக்கும் என் நன்றி.

தொகுதி நன்முறையில் வெளிவர உதவிய பொறுப்பாசிரியர் திரு. த. தெய்வீகன், அயராமல் உழைக்கும் அறிவியல் களஞ்சியத்தார், ஓவியர், தட்டச்சர்கள் அனைவருக்கும் என் நன்றி.

தொகுதிப் பணியை விரைவாகவும் செம்மையாகவும் பொறுப்புடன் அச்சிட்டுதவிய அண்ணாமலைநகர் சிவகாமி அச்சக உரிமையாளர் முனைவர் கோ. இராஜசுந்தரம், மறுதோன்றி அச்சக வாயிலாகத் தொகுதியை அழகிய முறையில் வெளியிட்டு உதவிய தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகத்தார், பதிப்புத்துறைத் துணை இயக்குநர் திரு. ஜெயச்சந்திரன் ஆகியோர்க்கும் தொகுதிக்குரிய கட்டுரைகளைச் சீர்தூக்கி உதவிய வல்லுநர்கள், மதிப்புறு பதிப்பாசிரியர்கள் ஆகியோர்க்கும் என் உளம் நிறைந்த நன்றியை உரித்தாக்குவதில் மகிழ்ச்சி அடைகிறேன்.

பேரா. கே. கே. அருணாசலம்
முதன்மைப் பதிப்பாசிரியர் (பொ)
அறிவியல் களஞ்சியம்.

தஞ்சாவூர்
31—12—88

அறிவியல் களஞ்சியம்

தொகுதி - ஆறு

எஃகு கட்டகம்

பிற கட்டடப் பொருள்களுடன் எஃகை ஒப்பிடுகையில் எஃகு சட்டங்களைக் கொண்டு உருவாக்கும் கட்டகங்களில் அதன் இழு விசை, அமுக்கம், வலிமை ஆகியவை மிக அதிகம். இதன் வலிமை-எடைவிகிதம் மிகுதியானதால் கட்டகத்தின் தன்சுமை (dead load) குறைகிறது. மேலும் எஃகுசட்டங்கள் பல வடிவங்களிலும், அளவுகளிலும் கிடைப்பதால் அவற்றை எளிய முறையில் பயன்படுத்தலாம். அவை தொழிற்சாலைகளில் தயாரிக்கப்படுவதால் கூடுதல் தரம் கொண்டவை. பட்டறைகளில் தயாரித்துக் கட்டுமான இடங்களில் பொருத்த முடியுமாதலால் கட்டுமான காலம் குறைகிறது; வேலையின் தரமும் சிறப்பாக அமைகிறது. எனவே, எஃகு பல வகைக் கட்டகங்களில் பயன்படுகின்றது. தொழிற்சாலைக் கட்டகங்கள், பட்டறைகள், பாலங்கள், மின் செலுத்து கோபுரங்கள் போன்ற கட்டுமானங்களில் எஃகு மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றது. ஆனால் இது தீத்தடுப்புத் தன்மை குறைவாகக் கொண்டது. மேலும் எளிதில் அரிப்பு, துருப்பிடிக்கும் தன்மை உடையது. இதனால் எஃகு கட்டகங்களின் பராமரிப்புச் செலவு கூடுதலாகிறது.

வலிமை. கட்டகம் பல உறுப்புகளைக் கொண்டதாகும். கட்டகத்தின் உறுப்புகள் யாவும் அவற்றின் மீது செயல்படக் கூடிய சுமைகளைத் தாங்கும் வலிமையுடையனவாக இருத்தல் வேண்டும்.

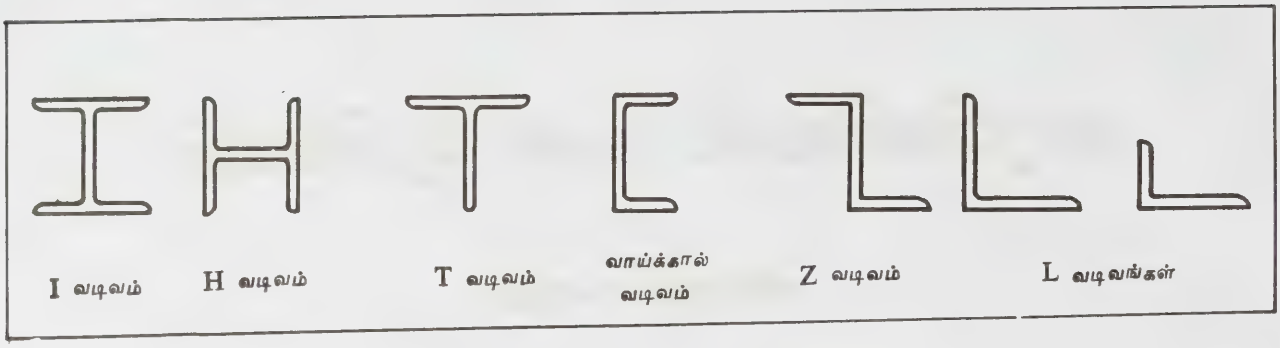
விறைப்புத்தன்மை. கட்டகத்தின் உறுப்புகளிலும் கட்டகத்திலும் ஏற்படும் குலைவு, தொய்வு, விரிசல் முதலியன செந்தர அளவுகளுக்கு மேல் இருக்கக் கூடா.

நிலைப்பாடு. முழுக்கட்டகமும் அதன் மேலுள்ள சுமையினால் குப்புறக் கவிழாமலும் கிடைவாக்கில் நகராமலும் இருத்தல் வேண்டும்.

கட்டகம் தாங்க வேண்டிய சுமை. ஒரு கட்டகம் அமைந்துள்ள இடம், பயன்படுத்தப்படும் முறை இவற்றைப் பொறுத்துப் பலவகையான சுமைகளைத் தாங்க வேண்டியிருக்கும். இவற்றுள் தன்சுமை, பயன்சுமை (live load) காற்றுச்சுமை (wind load) முதலியன முக்கியமானவை, இந்தியச் செந்தரச் சுவடி எண் 875 இல் இவ்வகைச் சுமைகளின் விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. கட்டகங்களை வடிவமைக்க இதில் பரிந்துரைக்கப்பட்ட சுமைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எஃகு கட்டகங்களை வடிவமைக்கும் முறைகள் இந்தியத் தர நிர்ணய வரைமுறை எண் 800 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எஃகு கட்டகங்களின் உறுப்பு. இரும்புக் கட்டகங்கள் பெரும்பாலும் இழுவிசை உறுப்புகள், அமுக்க உறுப்புகள், உத்திரங்கள் (beams), தகட்டு உத்திரங்கள் (plate girders), கோர்வு உத்திரங்கள் (trusses) ஆகிய உறுப்புகளைக் கொண்டு அமைகின்றன. மேற்கூறிய உறுப்புகளைத் தொழிற்சாலையில் தயாரித்த உருட்டு எஃகு வடிவங்களைக் கொண்டு அமைக்கலாம். மிகுதியான அளவில் தயாரிக்கப்படும் சில எஃகு வடிவங்களைப் படம் 1 இல் காணலாம்.

இழுவிசை உறுப்பு. இவ்வகை உறுப்புகள் இரு முனைகளிலும் இழுவிசைக்கு உள்ளாகின்றன. பயன்படுத்தப்படும் இடத்தைப் பொறுத்து இவை பல வகைப் பெயர்களில் குறிப்பிடப்படுகின்றன. சுமை தூக்கும் பொறிகளிலும், கட்டுமானங்கள் சாயாமல் இழுத்துக் கட்டப்படும் அமைப்பிலும் இவை நாண்கள் (ties) எனப்படுகின்றன. இழுவிசையை உறுப்பின் நிகர பரப்பு மட்டுமே தாங்குகிறது. உறுப்பின் மொத்த வெட்டுமுகப் பரப்பிலிருந்து மரையாணிகளின் அல்லது தறையாணிகளின் துளைகளுக்கான பரப்பைக் கழித்தால், நிகர பரப்பு கிடைக்கும். L-வடிவ மற்றும் T-வடிவ இரும்பு வடிவங்களின் நிகர பரப்பை இந்தியத் தர நிர்ணய வரைமுறை எண் 800 இலிருந்து தீர்மானிக்கலாம். இழுவிசை



படம் 1. சில உருட்டு எஃகு வடிவங்கள்

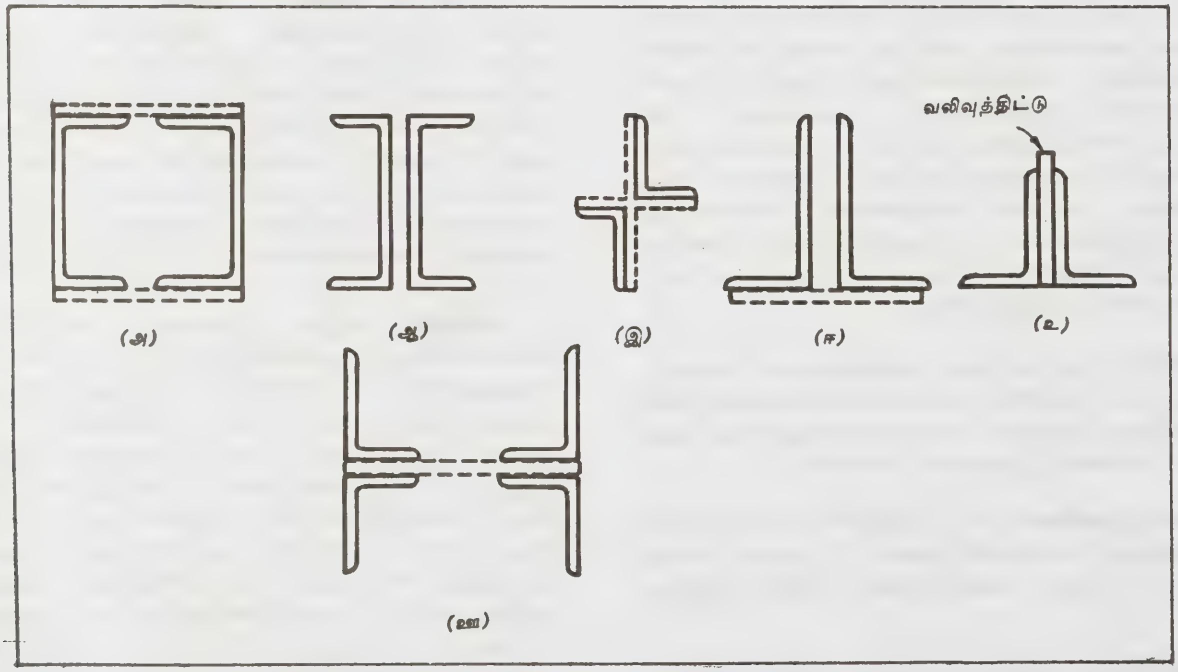
உறுப்பிற்கு வேண்டிய நிகர பரப்பைக் கீழ்வரும் முறையில் கணக்கிடலாம்.

$$\text{உறுப்பிற்கு வேண்டிய நிகர பரப்பு} = \frac{\text{உறுப்பின் மீதுள்ள இழுவிசை}}{\text{ஏற்கப்பட்ட இழுதகைவு}}$$

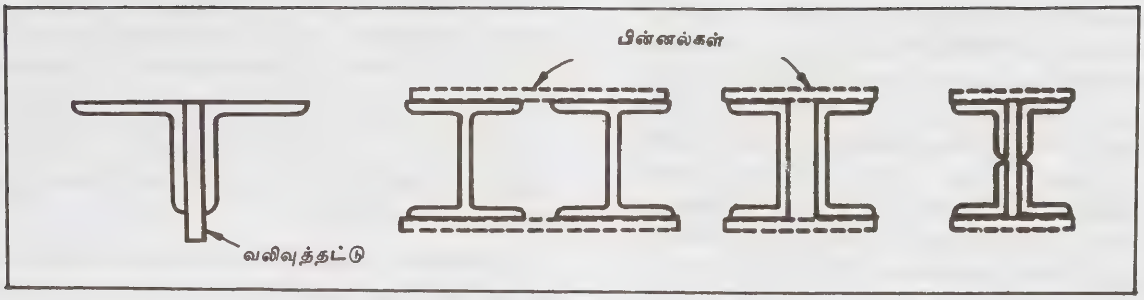
இழுவிசையின் அளவைப் பொறுத்து உறுப்பின் அமைப்பு மாறுபடும். எடுத்துக்காட்டாக, மிகுதியான இழுவிசையை ஒரு L அல்லது T வடிவ உறுப்புத் தாங்காது. ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வடிவங்களைக் கொண்டு கூட்டு உறுப்புகளை அமைக்க வேண்டும். இவற்றைப் படம் 2இல் காணலாம்.

இழுவிசை உறுப்பின் மெலிமை விகித்திற்கு (slenderness ratio) வரம்பு இல்லை. தன் சுமையினால் மிகுதியான தொய்வு ஏற்படாமல் இருக்க மெலிமை விகிதம் 350க்கு மேல் இருத்தல் கூடாது. கோர்வு உத்திரங்களின் உறுப்புகளில் சில, இழுவிசையைத் தாங்குகின்றன.

அமுக்க உறுப்பு. தூண்கள், முட்டுகள் இவ் வகையைச் சேர்ந்தனவாகும். மிகுதியான சுமையைத் தாங்கும் குத்து உறுப்புகளைத் தூண்கள் எனலாம். கோர்வு உத்திரங்களில் அமுக்கச் சுமையைத் தாங்கும் உறுப்புகள் முள்கள் எனப்படுகின்றன. அமுக்க உறுப்பின் செயல்முறை மிகவும் மாறுபட்டது;



படம் 2. கூட்டு இழுவிசை உறுப்புகள்



படம் 3. கூட்டு அமுக்க உறுப்புகள்

சிக்கலானது. குட்டையான தூண்கள் அமுக்கத்தால் நொறுங்கிச் சிதைகின்றன. ஆனால் நெடிய தூண்கள் நெளிந்து குறைவான சுமையிலேயே செயலிழக்கின்றன. உறுப்பின் மெலிமை விகிதத்தையும், பொருட்பண்பையும் பொறுத்து அமுக்க வலிமை மாறுபடும். தாங்க வேண்டிய சுமை மிகுதியானால் கூட்டு அமுக்க உறுப்புகளைப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

கூட்டு உறுப்பில் உள்ள தனிப்பட்ட கூறுகள் ஒன்றிச் செயல்பட, பின்னல்கள் (lacings) அல்லது பிணைக்கட்டைகள் (battens) இணைக்கப்பட வேண்டும். அமுக்க உறுப்பின் மெலிமை விகிதம் 350க்கு மேல் இருத்தல் கூடாது. அமுக்க உறுப்புகளைப் பின்வரும் முறையில் வடிவமைக்கலாம்: உறுப்பின் மீதுள்ள சுமையைப் பொறுத்து அதன் வெட்டுமுகப் பரப்பைத் தோராயமாகக் கணக்கிட்டு ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட உருட்டிய வடிவங்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல், தேர்ந்தெடுத்த உறுப்பின் மிகக்குறைந்த பரப்பின் சுழல் ஆரத்தைக் கணக்கிடல், உறுப்பின் இரு முனைகளும் தாங்கியிருக்கும் முறையைப் பொறுத்து அதன் தொகு உயரத்தை (effective height) இந்தியச் செந்தர நிர்ணய வரைமுறை எண் 800 இலிருந்து அறிதல், தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உறுப்பின் மெலிமை விகிதத்தைக் கணக்கிடுதல்.

$$\text{மெலிமை விகிதம்} = \frac{\text{தொகு உயரம்}}{\text{மிகக் குறைவான சுழல் ஆரம்}}$$

கணக்கிட்ட மெலிமை விகிதத்திற்கு அனுமதிக்கப்பட்ட அமுக்கத் தகைவை இந்திய செந்தர நிர்ணய வரைமுறை எண் 800 இலிருந்து அறிதல்.

$$\text{உறுப்பு தாங்கக் கூடிய அமுக்க விசை} = \text{அனுமதிக்கப்பட்ட அமுக்கத் தகைவு} \times \text{உறுப்பின் வெட்டு முகப் பரப்பு}$$

கணக்கிடப்பட்ட அமுக்கவிசை, உறுப்பின் மீதுள்ள சுமையைவிட மிகுதியாயிருந்தாலோ, சமமாக இருந்தாலோ, தேர்ந்தெடுத்த உறுப்பே போதும். இல்லையேல் போதியவாறு அதிகரித்த பரப்புள்ள மாற்று உருட்டிய வடிவங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து மேற்காணும் படிகளைப் பின்பற்ற வேண்டும். கூட்டு அமுக்க உறுப்புகளுக்குப் பின்னல்களையோ, பிணைக் கட்டைகளையோ அமைத்து வடிவங்களை ஒன்றிணைக்க வேண்டும்.

உத்திரம். உத்திரங்கள், வளைவு, துணிப்பு விசைகளுக்கு (bending and shear force) உள்ளாகின்றன. இவை உருட்டு இரும்புச் சட்டங்களாகவோ, கூட்டு உத்திரங்களாகவோ இருக்கலாம். உத்திரங்களை வடிவமைப்பதில் பின்வரும் வழிமுறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன; உத்திரத்தின் மீதுள்ள பெரும வளைவுத் திருப்புமை (maximum bending moment), துணிப்பு விசை முதலியவற்றைக் கணக்கிடல். உத்திரத்திற்கு வேண்டிய வெட்டுமுகக் கெழுவினைக் (section modulus) காணல்.

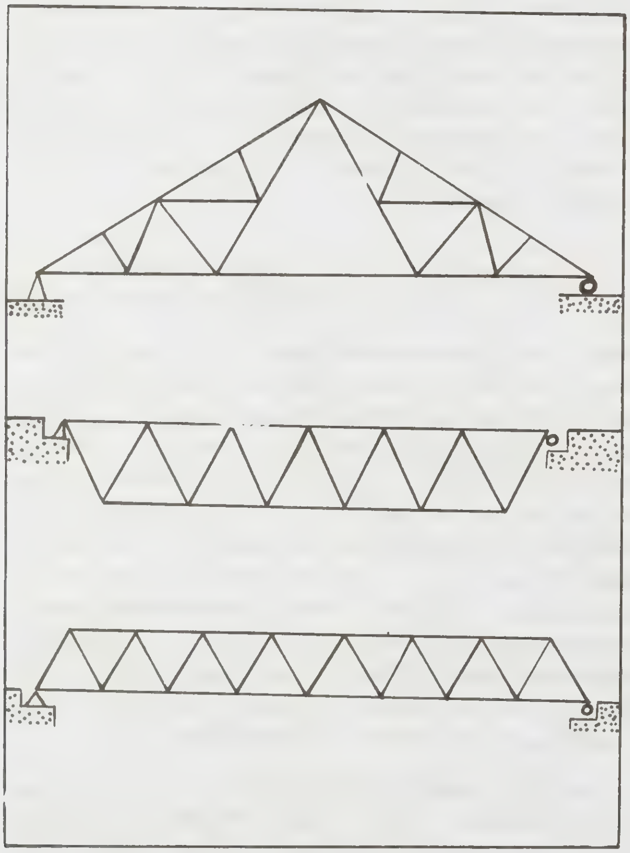
$$\text{வெட்டுமுகக்கெழு} = \frac{\text{உச்ச வளைதிறன்}}{\text{அனுமதிக்கப்பட்ட வளை தகைவு}}$$

எஃகு அட்டவணைகளிலிருந்து உரிய வெட்டுமுகக் கெழு கொண்ட சட்டத்தைத் தேர்ந்தெடுத்தல். தேர்ந்தெடுத்த உத்திரத்தில் உச்ச துணிப்புத் தகைவு (shear stress) அனுமதிக்கப்பட்ட துணிப்பு வலிமை எஞ்சாமலிருப்பதைக் காணல். (இல்லையெனில் பொருத்தமான வேறு சட்டம் தேர்ந்தெடுக்கப்பட வேண்டும்). உத்திரத்தின் தொய்வைக் கணக்கிட்டு அனுமதிக்கப்பட்ட வரம்புக்குள் உள்ளதைக் கண்டறிதல். செறிவுச் சுமை (concentrated load), தாங்குமானங்கள் (bearings) உள்ள இடங்களில் அமுக்கவிசையால் இடையிணைப்புத் தகடு (web plate) நெளியக் கூடும். இதைத் தவிர்க்க உரிய பாதுகாப்பு முறைகளைக் கையாளுதல்.

தகட்டு உத்திரம். மிகுதியான சுமை தாங்குவதற்கும், நீண்ட கண் இடைவெளிக்கும் (span) சாதாரண உருட்டு உத்திரங்கள் பயன்படுவதில்லை. இந்நிலையில் தகட்டு உத்திரங்களைப் பயன்படுத்துவது நல்லது. எஃகு தகடுகள், சட்டங்களைக் கொண்டு இவை அமைக்கப்படுகின்றன. பிணைக்கும்

வகைகளைப் பொறுத்து இவை பற்றவைத்த தகட்டு உத்திரங்கள், தறையாணித் தகட்டு உத்திரங்கள் எனப்படுகின்றன. தகட்டு உத்திரங்களின் வடிவமைப்பு முறை தனி உத்திரங்களின் வடிவமைப்பு முறையைப் போன்றதேயாகும். ஆனால் இவற்றில் இடையிணைப்புத்தகடு நெளிவதைத் தடுக்க இடை விறைப்பிகள் (intermediate stiffners) பயன்படுகின்றன. மேலும் செறிவுச்சுமை, தாங்கிகள் உள்ள இடங்களில் தாங்கு விறைப்பிகள் அமைக்கப்படுகின்றன.

கோர்வு உத்திரம். சட்டங்களைப் பிணைத்து அமைக்கும் கட்டுமானம் கோர்வு உத்திரம் எனப்படுகிறது. கோர்வு உத்திரத்தின் மேல் கூரைச் சட்டங்கள் (purlins) குத்துவாக்கில் அமைந்து கூரை ஓடுகளைத் தாங்குகின்றன. சட்டங்கள் கூடும் பிணைப்புள்ளிகளின் (nodes) மேலேயே கூரைச் சட்டங்கள் அமையுமாறு கோர்வு உத்திரங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. எனவே, கோர்வு உத்திரத்தில் உள்ள சட்டங்கள் அச்சுச் சுமைகளை மட்டுமே (axial load) தாங்க வேண்டியிருக்கும். இச்சட்டங்களை இழுவிசைக்கும் வலிவுத்தகடுகளைக் (gusset plate) கொண்டு மரையாணி அல்லது தறையாணி அல்லது பற்றவைப்பு முறைகளுக்கும் இணைக்கலாம்.



படம் 4. கோர்வு உத்திரங்கள்

குழாய்களை உறுப்புகளாகக் கொண்ட கோர்வு உத்திரங்கள் குழாய்க் கோர்வு உத்திரங்கள் (tubular trusses) எனப்படுகின்றன. இவை குறைந்த எடை கொண்டவை.

இணைப்பு. எஃகு கட்டக உறுப்புகளைத் தறையாணிகள், மரையாணிகள் கொண்டோ பற்றவைப்பு முறையிலோ இணைக்கலாம்.

தறையாணித் துளைகள் தறையாணித் தண்டைவிட (rivet shank) ஏறக்குறைய 1.5 மி. மீட்டர் மிகுதியாக இருக்கும். தண்டைப் பழுக்கக் காய்ச்சித் துளையில் வைத்து அறைந்து குமிழை (head) உண்டாக்க வேண்டும். தறையாணியைப் பொருத்துவதற்கு மனித ஆற்றல் அல்லது பொறி ஆற்றலைப் பயன்படுத்தலாம். எனவே கையால் அறையப்பட்ட தறையாணிகள் (hand driven rivets), பொறியால் அறையப்பட்ட தறையாணிகள் (power driven rivets) என இரு வகைகள் உள்ளன. தறையாணிகள் மிகுதியான தகைவுகளை ஏற்கவல்லன. பட்டறையில் அறையப்பட்ட தறையாணிகள் பட்டறைத் தறையாணிகள் என்றும், கட்டுமான இடத்தில் அறையப்பட்ட தறையாணிகள் புலத்திடத் தறையாணிகள் (field rivets) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. பட்டறைத் தறையாணிகளின் அமைப்புத் தரம் சிறப்பாக இருக்கும்.

மரையாணிகளில் மூன்று வகை உண்டு. அவை கரிய மரையாணி, கடைந்து பொருத்திய மரையாணி, மிகுவலிவு உராய்வு மரையாணியாகும். முதல் இருவகை மரையாணிகளைப் பயன்படுத்தும் முறை ஒன்றேயாகும். தறையாணிகளை அறைந்த பின் துளைகள் நிரப்பப்படுகின்றன. ஆனால் மரையாணிகளில் அவ்வாறு இல்லை.

மிகுவலிவு உராய்வுப் பிடிப்பு மரையாணிகளின் செயல்முறை பிற மரையாணிகளிலிருந்து மாறுபடுகிறது. பிற மரையாணிகள் துணிப்பு விசை மூலம் ஓர் உறுப்பிலிருந்து அடுத்த உறுப்பிற்குச் சுமையைச் செலுத்துகின்றன. ஆனால் மிகு வலிவு உராய்வுப் பிடிப்பு மரையாணிகள் உராய்வு, தாங்குமானம் மூலம் சுமையை உறுப்புகளுக்கிடையே செலுத்துகின்றன. திருக்குக் கைக்குறடு (torque wrench) கொண்டு இவ்வகை மரையாணிகளை இறுக்க வேண்டும்.

பற்றவைப்பு இணைப்புகள் மிகுதியான அளவில் பயன்படுகின்றன. இவ்வகை இணைப்புகள் துணிப்பு, வளைவுத் திருப்புமை ஆகியவற்றை ஓர் உறுப்பிலிருந்து பிற உறுப்பிற்கு மாற்றவல்லன. இணைப்பு

களில் மூட்டிணைப்பு (butt joint), ஒட்டிணைப்பு (lap joint) என்று இருவகை உண்டு.

கட்டுமானம். கற்காரைக் கட்டுமானத்துடன் ஒப்பிடுகையில் எஃகு கட்டுமானத்திற்கு வேண்டிய காலம் குறைவேயாகும். எஃகு கட்டடங்கள் பல் வேறு உதிரிப் பகுதிகளைப் பிணைத்து அமைக்கப் படுகின்றன. போக்குவரத்து வசதிகளை முன்னிட்டு, சிறு சிறு பகுதிகளாகப் பட்டறைகளில் கட்டுமான உறுப்புகளைத் தயாரித்து அவை தளங்களில் பிணைக்கப்படுகின்றன. உறுப்புகளுக்குத் தேவை யான அளவு, துளைகளின் அளவு, இடைவெளி முதலியவற்றை நுட்பமாக அமைத்தால்தான் இணைப்புகள் உறுதியாக அமையும். தளங்களில் சுமை தூக்கிகளைப் பயன்படுத்தி உறுப்புகளை இணைக்கலாம்.

காப்பு முறை. எஃகு கட்டடங்கள் தீ, அரி மானம் முதலியவற்றால் விரைவில் வலிமையை இழந்துவிட வாய்ப்பு உண்டு. எனவே சில பாது காப்பு ஏற்பாடுகளை இவ்வகைக் கட்டடங்களுக்கு அமைக்கவேண்டும்.

தீப் பாதுகாப்பு. ஒரு கட்டடத்திற்கு வேண்டிய தீப் பாதுகாப்பு, அக்கட்டடத்தின் வகை, கட்டடத்தில் உள்ள பொருள்கள், கட்டட உறுப்புகளின் வகைகள் முதலியவற்றைச் சார்ந்ததாகும். எஃகு உத்திரங் களையும், தூண்களையும் கற்காரையால் மூடிப் புறப்பாதிப்புகளிலிருந்து காக்கலாம். இம்முறையில் திண்மக் காப்பு, வெற்றிடக் காப்பு என இரு வகை உண்டு. திண்மக் காப்பில் தீக்காப்புச் செய்யப்பட வேண்டிய உறுப்பு முழுமையும் கற்காரையினால் சூழப்பட்டிருக்கும். ஆனால் வெற்றிடக் காப்பு முறையில் ஒரு மெல்லிய உறை உறுப்பைச் சூழ்ந் திருத்தல் வேண்டும். இரண்டு முறைகளிலும் எஃகு வெளியில் தெரிவதில்லை.

கற்காரைக்குத் தீத்தடுப்புத் தன்மை மிகுதி யாதலால் கட்டடத்தில் ஏற்படும் தீயால் எஃகு உறுப்புகள் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் திண்மக் காப்பினால் கட்டடத்தின் தன்சுமை மிகுதியாகிறது. தூண்களுக்கு வெற்றிடக் காப்பு முறை சிறந்தது. செங்கற்கள், நுரைக்கசடால் ஆன திண்மைக் கற்கள், சிமெண்ட், சுண்ணாம்புப் பூச்சு அல்லது ஜிப்சம் பூச்சு முதலியவை வெற்றிடக் காப்பு முறை யில் பயன்படுகின்றன. எஃகு உறுப்புகள் கூரையின் அடிப்பகுதியில் அமைந்திருந்தால், தொங்கு கூரைகள் அமைத்துத் தீயிலிருந்து பாதுகாக்கலாம். தீத்தடுப்புப் பூச்சுகளைப் பயன்படுத்தியும் தீப்பாதுகாப்புச் செய்யலாம்.

அரிப்புக் காப்பு செய்யும் முறை. காற்று, நீர் முதலியவற்றால் எஃகு ஆக்சிஜனேற்றம் அடைவதால் அரிப்பு உண்டாகிறது. இது படிப்படியாக மிகுதியாகி, இறுதியில் உறுப்பின் வெட்டுமுகப் பரப்பு குறைந்து விடுகிறது. எனவே, எஃகு வேலைகளை அரிப் பிலிருந்து பாதுகாக்க வேண்டும். அரிப்புக்காப்பு முறைகள், சுற்றுப்புறக் காற்றில் உள்ள கழிவின் தன்மை, கட்டடம் பயன்படுத்தப்படும் முறை போன்ற வற்றைச் சார்ந்தனவாகும்.

அரிப்புக்காப்பு செய்ய முதலில் எஃகுறுப்பின் மேற் பரப்பை நன்கு தூய்மை செய்தல் வேண்டும். மேற் பரப்பிலுள்ள இரும்பு ஆக்சைடை நீக்க வேண்டும். கம்பித் துரப்பி, சுரண்டு பொறிகள், சீவல் சுத்திகள் (chip hammers) கொண்டு நீக்கலாம். ஆக்சி அசெட்டி லின் தணலைப் பயன்படுத்தி மேற்பரப்பைச் சூடாக்கி னாலும் இரும்பு ஆக்சைடு எளிதில் நீங்கிவிடும். இதன் பிறகு அரிப்புக் காப்புப் பூச்சுகளை மேற்பரப்பில் பூசலாம்.

அரிப்புக்காப்புப் பூச்சுகளை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை உலோகப் பூச்சுகள், அலோகப் பூச்சுகள் ஆகும். உலோகத்தை மேற்பரப்பின் மீது தெளித்தல், துத்தநாகம் பூசுதல் (galvanising) முதலி யன முதல் வகையைச் சார்ந்தன. வண்ணப் பூச்சு இரண்டாம் வகையைச் சார்ந்தது. வண்ணப்பூச்சு களில் பலவகை உண்டு. தார்ப் பூச்சுகள் கடல் நீரால் உண்டாகும் அரிப்பை நன்கு தடுக்கவல்லன.

- சூ.சி.நடேசன்

எஃகு தயாரிப்பு

காற்றுஉலை இரும்பு, கழிவு இரும்பு இவற்றுடன் வேண்டிய உலோகக்கலவைத் தனிமங்களைச் சேர்த்து எஃகை உருவாக்குதல் எஃகு தயாரிப்பு எனப் படுகிறது. காற்றுஉலை இரும்பில் இரும்பு நீங்கிய பிற தனிமங்கள் 6% இருக்கின்றன. எஃகு தயாரிப் பிற்குத் தேவையான மூலப்பொருள்களில் 50% இரும்பு மட்டுமே காற்று உலை இரும்பிலிருந்து கிடைக்கிறது. எஞ்சிய பங்கு, பழுதாகிப்போன இரும்பின் பகுதிகளிலிருந்தும் இரும்புக் கழிவுகளில் இருந்தும் பெறப்படுகிறது. இந்தக் கழிவு இரும்பு காற்றுஉலை இரும்பை விடக் குறைந்த விலையில் கிடைப்பதால் கழிவு இரும்பை எவ்வளவு அதிக மாகப் பயன்படுத்த முடியும் என்பது எஃகு தயாரிக் கும் முறையின் முக்கியமான தன்மையாகக் கருதப் படுகின்றது.

இரும்பின் உருகுநிலை 1535°C ஆகும். ஊற்று தற்கேற்ற நீர்மநிலையை உருவாக்குவதற்காக எஃகு தயாரிக்கும் முறைகளில் உலோகக் கலவை ஏறத்தாழ 1550 - 1650°C வரை சூடாக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக உலையின் உட்புறம் பூசப்படும்

வெப்பந்தாங்கும் பூச்சு அதிகமாகப் பாதிக்கப் படுகிறது.

எஃகு தயாரிப்பு-வகை

வேதி அடிப்படையில் எஃகுத் தயாரிப்பு கார வகை, அமில வகை என இருவகைப்படும். அமில வகையில் உலையின் உட்பூச்சு சிலிகாவால் ஆனது. இம்முறையில் கார்பன், மாங்கனீஸ், சிலிகான் போன்றவற்றை உலோகக் கலவையிலிருந்து நீக்க முடியும். கார வகையில் உலையின் உட்பூச்சு மாக்னஸைட்டால் ஆனது. இம்முறையில் கார்பன், மாங்கனீஸ், சிலிகானோடு, பாஸ்ஃபரஸ், கந்தகத்தையும் நீக்க முடியும்.ஒவ்வொரு வகையிலும் கிடைக்கும் எஃகின் தன்மைகள் வேறுபடுகின்றன.

தொழில்நுட்பத்தின் அடிப்படையில் எஃகு தயாரிப்பு காற்றியங்கி முறை, திறந்த உலை முறை, மின்முறை என மூன்று வகைப்படும். காற்றியங்கி முறையில் உருக்குதற்குத் தேவையான வெப்பம் முழுதும் ஊட்டுபொருள்களின் வெப்பத்திலிருந்தும், வேதி மாற்றங்கள் வெளியிடும் வெப்பத்திலிருந்தும் பெறப்படும். காற்று அல்லது ஆக்சிஜனைச் செலுத்துதல் மூலம் ஆக்சிஜனேற்றம் நிகழ்த்தப்படுகிறது. திறந்த உலை முறையில் வளிமம் அல்லது எண்ணெய் முதலிய எரிபொருள்களை எரிப்பதன் மூலம் வெப்பம் பெறப்படுகிறது. ஆனால் மின் முறையில் மின்சாரத்தால் வெப்பம் உண்டாக்கப் படுகிறது. மின்முறையில் சூடேற்ற ஆக்சிஜன் தேவையில்லை என்பதால் வேதியியல் மாற்றமற்ற சூழலிலோ, ஆக்சிஜனேற்றம் இல்லாத சூழலிலோ வெற்றிடத்திலோ இதைச் செயலாற்ற வைக்க முடிகிறது. எளிதாக ஆக்சிஜனோடு இணைந்து விடக் கூடிய தனிமங்கள் அவ்வாறு பிரிந்து விடாமல் எஃகிலேயே நிறுத்திக் கொள்ளவும் மின்முறையே பயன் படுகிறது.

காற்றியங்கி முறை. குறைந்த பாஸ்ஃபரஸ் விகிதமும் மிகக் குறைந்த கழிவு இரும்புத் தேவையும் இம்முறையின் தன்மைகள். இம்முறையில் இயங்கும் ஓர் உலை பெஸ்ஸிமர் மாற்றி எனப்படுகிறது. இதற்குத் தேவையான மூலப்பொருள் சுமார் 4-4.5% கார்பன், 1.10-1.50% சிலிகான், 0.40-0.70% மாங்கனீஸ், 0.09% க்குக் குறைவான பாஸ்பரஸ், 0.03%க்கு மிகாத கந்தகம் ஆகிய தனிமங்கள் கொண்ட இரும்பு ஆகும்.

இவ்வகை மாற்றிகள் வெப்ப ஏற்பு உட்பூச்சுப் பூசப்பட்ட மிகப்பெரிய எஃகு பாத்திரங்கள் போன்றிருக்கும். இதன் மேற்புறம் திறந்தும் கீழ்ப்புறம் காற்றுக் குழாய்களால் சூழப்பட்டும் இருக்கும். இந்த உலை இருபுறமும் இரு பெரிய உருளை அச்சுகளின் மேல் பொருத்தப்பட்டு, கிடைமட்ட அச்சில் சுழற்றவும் சாய்க்கவும் கூடியதாக அமைந்திருக்கும். ஓர் அச்சின் உட்புறம் காற்றுப்பாதை உள்ளது. இந்த அச்சு வழியாகக் காற்றுப்பெட்டிக்குள் செலுத்தப் படும் காற்று அங்கிருந்து அனைத்துக் காற்றுக் குழாய்கள் வாயிலாகவும் உலையின் உள் செல்கிறது.

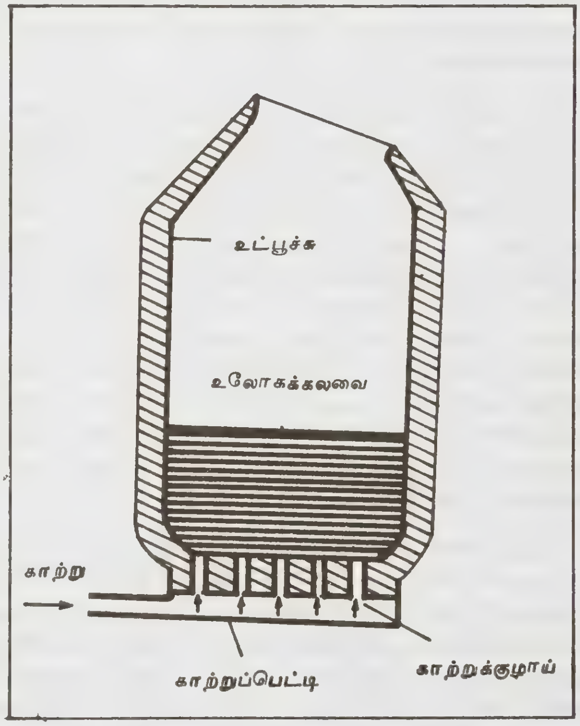
முதலில் மாற்றி உலை கிடைமட்ட நிலைக்குச் சாய்க்கப்பட்டு மூலப்பொருள்கள் உட்செலுத்தப் படுகின்றன. அதன்பின் மாற்றி நிமிர்த்தப்பட்டுக் காற்று செலுத்தப்படுகிறது. காற்றில் இருக்கும் ஆக்சிஜன் உதவியால் கீழ்க்காணும் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன,

$$2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO \text{ (கழிவு)}$$

$$2Mn + O_2 \rightarrow 2MnO \text{ (கழிவு)}$$

$$Si + O_2 \rightarrow SiO_2 \text{ (கழிவு)}$$

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$



பெஸ்ஸிமர் மாற்றி

உலைக்குள் செலுத்தப்படும் இரும்புக்கலவை சுமார் 1350°C வெப்பநிலையில் உள்ளது. மேற்கூறிய வேதியியல் மாற்றங்கள் யாவும் வெப்ப வெளியீட்டு வகையாய் இருப்பதால் இரும்புக்கலவையின் வெப்பம் 1600°C வரை அதிகரித்து எஃகு தயாரிப்பை எளிதாக்குகிறது. உலையின் மேற்புறத்திலிருந்து வெளிப்படும் தீச்சுடரின் நிறமும் ஒளிர்வும்

உள்ளே நிகழும் வேதி மாற்றங்களுக்கு ஏற்ப மாறு படுகின்றன. இந்தத் தீச்சுடரின் நிறத்தையும் ஒளிர் வையும் வைத்தே எஃகு தயாராகி விட்டதை அறிந்து உலையிலிருந்து எஃகினை ஏந்து தொட்டிக்கு மாற்றுவர்.

இவ்வினைகள் அனைத்தும் சுமார் பதினைந்து நிமிடங்களில் நிகழ்ந்து விடுவதால், எஃகு நல்ல தன்மையோடு உள்ளதா என்று மாதிரி எடுத்து ஆராய முடிவதில்லை. எனவே இம்முறை முழுக்க முழுக்க இயக்குபவரின் பட்டறிவைச் சார்ந்தே அமைகிறது.

அதிக பாஸ்ஃபரஸ் இருக்குமேயானால் அத் தகைய மூலப்பொருள்களை மேற்சொன்ன அமில வகை மாற்றிகளால் கையாள முடியாது. இவற்றிற் கென்று தனியான காரவகை மாற்றிகள் இருக் கின்றன. இவற்றின் வெப்ப ஏற்பு உட்பூச்சு மாக்ன சைட்டால் ஆனது. அதிகமாக உள்ள பாஸ்ஃபரஸை நீக்குதற்காகப் போதுமான அளவு கால்சியம் ஆக் சைடு மூலப்பொருள்களோடு உட்செலுத்தப்படு கிறது. பாஸ்ஃபரஸ் கீழ்க்காணும் முறையில் நீக்கப் படுகிறது.

$$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$$

$$P_2O_5 + CaO \rightarrow CaO.P_2O_5 \text{ (கழிவு)}$$

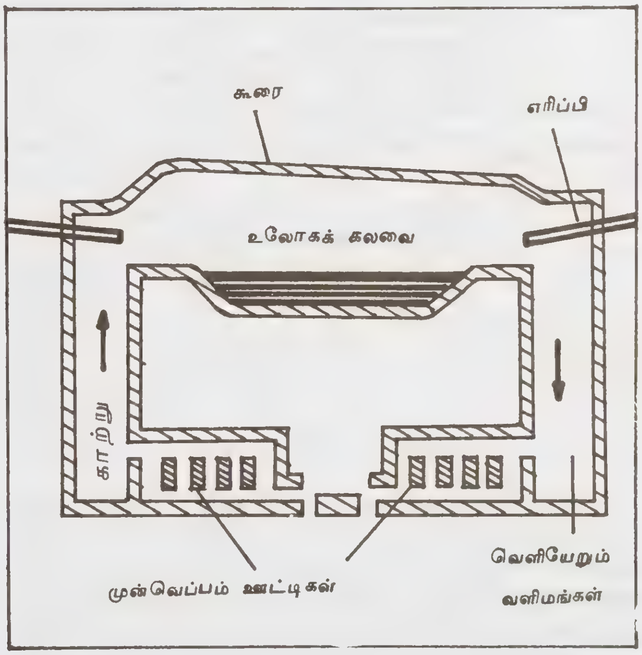
எவ்வகை மூலப்பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதே காரவகை அமில வகை இரண்டிற்குமான வேறுபாடாகும்.

திறந்த உலை முறை. காரவகைத் திறந்த உலை முறையில் உலையின் உட்புறம் மாக்னசைட் பூச்சு உள்ளது. உலையின் இருமுனைகளிலும் எரிப்பிகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இயற்கை வளி, எண்ணெய் போன்று எளிதில் கிடைக்கக் கூடிய ஏதேனும் ஒன்று எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. எரிபொருள் சிக்கனத்திற்காக, மறுமுறை பயன்படுத்தலாம். இம்முறையில் உலையின் ஒருபுறம் எரிபொருள் எரிக்கப்படும்பொழுது அம்முனையில் உள்ள செங்கல் அடுக்குகளின் வழியே காற்று உட் செலுத்தப்பட்டால் உலைக்குள் நுழையுமுன்பே வீணாகும் வெப்பத்தை உட்கொண்டு அதிக வெப்பம் பெற முடிகிறது.

உலையின் உட்பூச்சு வெடித்துவிடாமல் இருப் பதற்காகவும், வெப்பம் வீணாகாமல் காப்பதற்காக வும், எஃகு தொடர்ச்சியாகத் தயாரிக்கப்படுகிறது. சுண்ணாம்புக்கல் இரும்புத்தாது, கழிவு எஃகு ஆகிய மூலப்பொருள்கள் இதே வரிசையில் உலையின் உள்ளே அடுக்கப்படுகின்றன. கழிவு எஃகு மூலப் பொருள்களின் பாதியளவில் செலுத்தப்படுகிறது. கழிவு எஃகு மெல்லிய, அளவில் அதிகமான, அடர்த்தியான, கனமான பல பொருள்களின் கலவையாகும். கழிவுப் பொருள்களின் தன்மைக்கு ஏற்பச் சுண்ணாம்புக்கல், இரும்புத்தாது ஆகிய வற்றின் அளவு அளவிடப்படுகிறது. காற்றியங்கி முறையில் உள்ளது போலவே இங்கும் வேதியியல் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன.

எஃகு தயாரிப்பின் பல கட்டங்களும் ஆக்சிஜ னேற்ற வேதியியல் மாற்றங்களைச் சிறப்பாகக் கட்டுப்படுத்துவதைப் பொறுத்தே அமைகின்றன. தூய இரும்பு 1535°Cஇல் உருகுகிறது. உட்செலுத்தப் பட்ட இரும்பு உலோகக் கலவை சுமார் 1130° Cஇல் உருகி விடுகிறது. எனவே அதிக கரி அடங்கிய உலோகக் கலவை உருகிய நிலையில் இருக்கும்போது குறைந்த கரி அடங்கிய கழிவு எஃகு உருகாமலேயே இருக்கிறது. எனவே கழிவு எஃகு உருகுகின்ற வெப்ப நிலையில் ஆக்சிஜனேற்ற மாற்றங்கள் மிகு முனைப்பு டன் நிகழ்கின்றன. சிலிகான், மாங்கனீஸ், பாஸ்ஃபரஸ், கரி ஆகியவை ஆக்சிஜனேற்றமடைந்து கழிவுப்பொருள்களாய் மாற்றப்படுகின்றன. கார்பன் மோனாக்சைடு உட்செலுத்தப்படுவதால் கழிவுப் பொருள் அடர்த்தி குறைவாக அளவில் மிகுந்து எளிதில் வெளியேற்றப்படுகிறது.

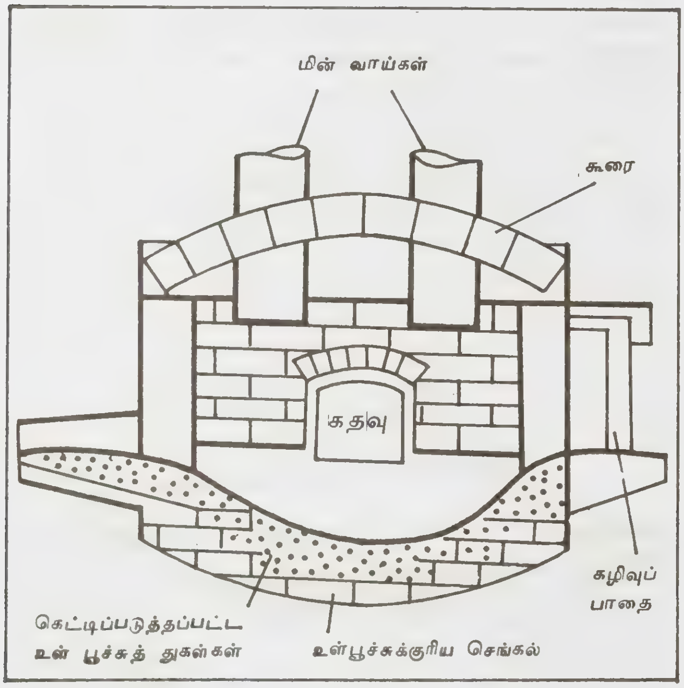
பெஸ்ஸிமர் முறையோடு ஒப்பிடுகையில் திறந்த உலை முறை சுமார் 5-10 மணி நேரம் வரை நீடிக்கிற மிக மெதுவான முறையாகும். அமில வகைத் திறந்த உலை முறை அவ்வளவு முக்கிய



திறந்த உலை

மாகக் கருதப்படுவதில்லை. மிகக் குறைந்த அளவு பாஸ்ஃபரஸும் கந்தகமும் உள்ள மூலப்பொருள் களையே பயன்படுத்த முடியும். பிற அமிலவகை முறைகளுக்கான விளக்கங்கள் இதற்கும் பொருந்தும்.

மின் முறை. திறந்த உலையைப் போலவே மின் உலையிலும் தகுந்த விகிதத்தில் இரும்புத்தாது, சுண் ணாம்புக்கல், கழிவு எஃகு ஆகியவை அடுக்கப்படு கின்றன. சிலிகான், மாங்கனீஸ், பாஸ்ஃபரஸ், கார் பன் ஆகியவற்றை நீக்குவதற்குத் தேவையான அளவு ஆக்ஸிஜன் உட்செலுத்தப்படுகிறது. உலைக்கு உள் ளிருக்கும் காற்று கிராஃபைட் மின்முனைகளைத் தீண்டக்கூடியதாக இருக்கிறது. இதன் காரணமாக அனைத்து ஆக்ஸிஜனும் கார்பன் மோனாக்ஸைடா கவும் கார்பன் டைஆக்சைடாகவும் மாற்றப்படு கிறது. உலையைச் சாய்ப்பதன் மூலம் கால்சியத் தோடு இணைந்துள்ள கழிவுப்பொருள் நீக்கப்படு கிறது.



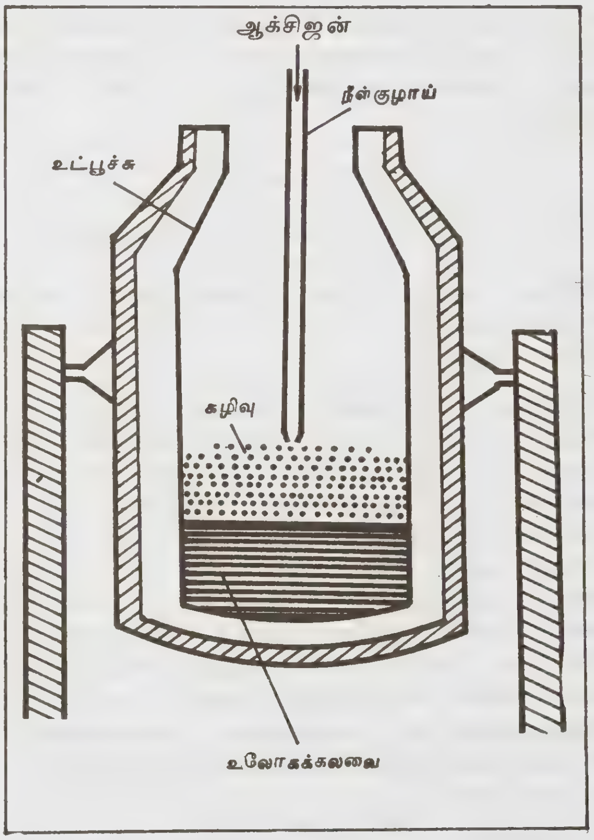
படம் 3 மின்உலை

எந்தத் தனிமத்தை வேண்டுமானாலும் எந்த அளவிற்கும் எஃகோடு உலோகக் கலவையாக உரு வாக்கத் தேவையான அளவு வெப்பத்தை மின் உலையினால் ஊட்ட முடியும். வேறு எந்த முறையி லும் நீக்க முடியாத அளவிற்குக் கந்தகத்தை இம் முறையில் நீக்க முடியும். 0.002% அளவிற்குக் குறை வான விகிதத்தில் கந்தகம் உள்ள எஃகினை மின் உலையில் தயாரிக்கலாம்.

புதிய முறைகள்

பழைய முறைகளைத் தவிர பல புதுமுறை களும் தற்போது தொழிலகங்களில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அவற்றில் காரவகை ஆக்சிஜன் முறை, மின் தூண்டல் முறை, வெற்றிட முறை என்பவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

காரவகை ஆக்சிஜன் முறை. இது லின்ஸ்-டோனா விட்ஸ் (Linnz Donnewitz) முறை அல்லது L-D முறை என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இது ஏறக் குறைய காற்றுக் குழாய்கள் நீக்கப்பட்ட பெஸ்ஸி மர் மாற்றி போலத் தோற்றமுடையதாகும். இதன் உட்பூச்சு காரவகையைச் சார்ந்தது. நீரினால் குளிர் விக்கப்படும் நீண்ட சிறுவிட்டக்குழாய் மூலம் தூய ஆக்சிஜன் உலையின் உள்ளே செலுத்தப்படுகிறது. முந்தைய முறைகளைப் போன்ற வேதி மாற்றங்கள் இங்கும் நிகழ்கின்றன.



படம் 4 காரவகை ஆக்ஸிஜன் முறை

மின்தூண்டல் உருக்குமுறை. தனியான விகிதத் தில் குறைந்த அளவில் தேவைப்படும் எஃகு கலவைகளுக்கு இம்முறை அதிகம் பயன்படுகிறது. இதில் நேரடியாக வேண்டிய அளவு தூய்மையுள்ள தனிமங்கள் உருக்கி இணைக்கப்படுகின்றன, தேவை

யான விகிதத்தில் தனிமங்கள் இரும்புத்தாதோடு கலக்கப்பட்டு ஒரு பீங்கான் அல்லது மண் பாத்திரத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. அதிக அதிர்வெண் உள்ள மின்சாரம் இந்த மண் பாத்திரத்தைச் சுற்றி மின் சுருளில் செலுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டத்தின் காரணமாக மண்பாண்டத்தில் மின் தூண்டல் ஏற்பட்டுப் பாண்டத்தில் உள்ள உலோகங்கள் உருக்கப்படுகின்றன.

வெற்றிட முறை. முந்தைய முறைகள் அனைத்தும் சிறிதளவேனும் ஆக்சிஜன், நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய வளிமங்கள் உள்ள எஃகையே உருவாக்குகின்றன. இதன் காரணமாக எஃகின் தன்மைகளில் சிலவிரும்பத்தகாத தன்மைகளும் ஏற்பட்டு விடுகின்றன.

இம்முறையில் மந்த வளிமங்களின் சூழலில் எஃகு உருவாக்கப்படுகிறது. மிக அதிகமான அளவில் எஃகு தேவைப்படுமானால், அச்சும் (mould) உலையும் ஒரு வெற்றிட அறைக்குள் அமைக்கப்பட்டு, உலையிலிருந்து வெற்றிடத்தின் வாயிலாக எஃகு அச்சுகளில் ஊற்றப்படும். இதனால் எஃகில் வளிமங்கள் கலப்பதைத் தடுக்கலாம்.

- வயி. அண்ணாமலை

எஃகு மேற்புறம் கடினப்படுத்தல்

பல்வேறு முறைகளால் எஃகின் மேற்பரப்பை மட்டும் கடினமாக்கித் தேவைப்படும் தன்மைகளைப் பெறுதல் எஃகின் மேற்புறம் கடினப்படுத்தல் (surface hardening of steel) எனப்படுகிறது. இம்முறைகளில் சிலவற்றின் கலவை விகிதம் மாறாமல் அணுக்களின் அமைப்பு மட்டும் மாறும். சிலவற்றில் கலவை விகிதமும் மாறுவதுண்டு.

வெப்பப் பதனிடும் முறையால் பெறமுடியாத பல்வேறு தன்மைகளை மேற்பரப்புக் கடினப்படுத்தும் முறையால் பெறலாம். தேய்வு எதிர்ப்புத் தன்மை, உறுதித்தன்மை, குறிப்பிட்ட காலத்தில் மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படும் விசையைத் தாங்கும் தன்மை, ஒரே இடத்தில் செயல்படும் சுமையால் மேற்பரப்பில் விழும் பள்ளத்தைத் தவிர்க்கும் தன்மை போன்ற பல தன்மைகளைப் பெறலாம். எஃகின் மேற்புறம் கடினப்படுத்தப்பட்ட பிறகு, கடினமான மேற்பரப்பு, வெளிக்கூடு என்றும், பாதிக்கப்படாமல் பழைய தன்மைகளோடு இருக்கும் உட்பகுதி, உட்கூடு என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன.

கடினப்படுத்தும் முறை. கரியூட்டல், கரி, நைட்ரஜன் ஊட்டல், சயனைடு ஊட்டல், கரிநீரூட்டல், நைட்ரஜன் ஊட்டல், தீச்சுடர் மூலம் கடினப்படுத்தல், மின்தூண்டல் மூலம் கடினப்படுத்தல், மேற்பரப்பு பதப்படுத்தல் ஆகியவை எஃகின் மேற்புறம் கடினப்படுத்தும் முறைகளாகும்.

கரிக்கலவையில் உள்ள கரியின் அளவு கூடும் போது எஃகின் வலிமை கூடுகிறது. இந்த அடிப்படையில் கரியூட்டலில், எஃகின் மேற்புறம் உள்ள குறைந்த கரி விகிதம் மாற்றப்பட்டு மிகுதியாக்கப்படுகிறது. எனவே மேற்பரப்பு மிகவும் வலிமை உள்ளதாக அமைகிறது.

கரி நைட்ரஜன் ஊட்டல், சயனைடு ஊட்டல், கரி நீரூட்டல் போன்ற முறைகளில் கரியூட்டலுடன் நைட்ரஜனும் ஊட்டப்படுகிறது. நைட்ரஜன் உதவியால் குறைந்த வெப்பநிலையிலேயே கரியூட்ட முடியும். மேற்பரப்பைக் கடினப்படுத்திய பிறகு சூடுபடுத்தித் தன்மையூட்டுகையில் நைட்ரஜன் நன்கு பயனளிக்கிறது.

நைட்ரஜன் ஊட்டலில் வெறும் நைட்ரஜன் மட்டும் ஊட்டப்படுகிறது. இந்த நைட்ரஜன், எஃகு கலவையின் கரி தவிர ஏனைய கலவைப் பொருள்களுடன் இணைந்து கடினத்தன்மையைப் பெருக்குகிறது. மேற்கூறிய யாவும் கலவை விகிதத்தை மாற்றுவதன் மூலம் கடினப்படுத்துகின்றன.

தீச்சுடர் முறையும் மின்தூண்டல் முறையும் மேற்பரப்பை மட்டும் சூடுபடுத்தி அணுக்களின் அமைப்பை மாற்றுவதால் கடினப்படுத்துகின்றன. (அட்டவணை காண்க)

கரியூட்டல். 0.20% அல்லது அதற்கும் குறைவான விகிதத்தில் கரியோடு கூடிய இரும்பு உலோகக் கலவையின் (எஃகு) மேற்பரப்பில் கரியை ஊட்டுவதால் கலவைவிகிதம் மாற்றப்பட்டுக் கடினமாக்கப்படுகிறது. இம்முறை பற்சக்கரம், தாங்கிகள், நீள்வட்டச் சுழலி அல்லது நெம்புருள் போன்றவற்றிற்கு மிகுதியும் பயன்படுகிறது.

இம்முறையில் மேற்பரப்பு மட்டும் மிகுந்த கரி விகிதம் உள்ளதாக மாற்றப்பட்டபின் எஃகுக்கே உரிய முறைப்படி சூடுபடுத்தப்பட்டுத் தன்மையூட்டப்படுகிறது. இச்செயலால் கரியநிறமுள்ள மேற்பரப்பு மார்ட்டென்சைட் எனப்படும் உறுதியான தோற்றத்தைப் பெறுகிறது. ஆனால் உட்கூடு எந்த மாற்றமும் அடைவதில்லை. திண்மநிலைக் கரியூட்டல் வளிம நிலைக் கரியூட்டல் எனக்கரியூட்டல் இருவகைப்படும்.

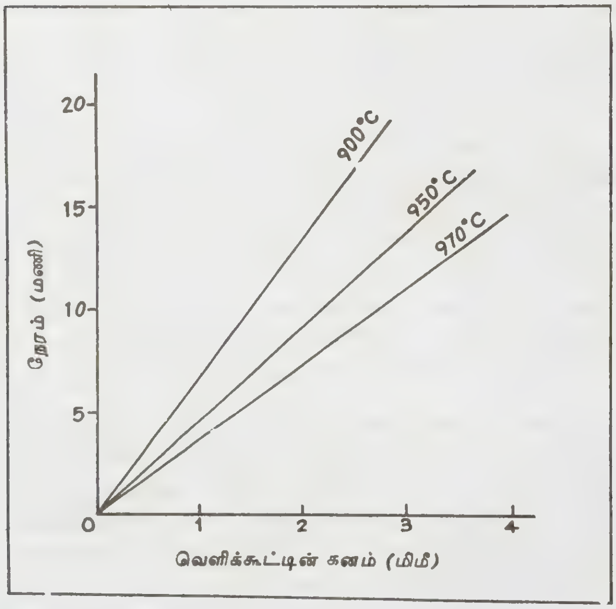
திண்ம நிலைக் கரியூட்டல். கடினப்படுத்த வேண்டிய பொருள்களைக் கரியூட்டும் பொருள்களோடு ஓர் எஃகுப் பெட்டிக்குள் நிரப்பியபின் பெட்டி மூடப்படுகிறது. இப்பெட்டி 900°-950° C வரை சூடாக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலை உருவாக்கும் வேதி மாற்றங்கள் பின்வருமாறு:

கரியூட்டும் பொருளில் உள்ள கரி, காற்றின் கார்பன் டைஆக்சைடுடன் கலப்பதால் கார்பன்

கடினப்படுத்தும் முறை	ஊட்டப்படும் பொருள்	கடினத்தன்மை ஏற்படும் விகிதம்
கரியூட்டல்	கரி	கலவை மாற்றம்
கரிநைட்ரஜன் ஊட்டல்	கரி, நைட்ரஜன்	கலவை மாற்றம்
சயனைடு ஊட்டல்	கரி, நைட்ரஜன்	கலவை மாற்றம்
கரிநீரூட்டல்	கரி, நைட்ரஜன்	கலவை மாற்றம்
நைட்ரஜன் ஊட்டல்	நைட்ரஜன்	நைட்ரைடுகள் தோற்றம்
தீச்சுடர் முறை	எதுவுமில்லை	அணுக்களின் அமைப்பு மாற்றம்
மின் தூண்டல்முறை	எதுவுமில்லை	அணுக்களின் அமைப்பு மாற்றம்
பரப்புத் திட்டப்படல்	எதுவுமில்லை	வேலைப்பரப்பில் கடினப்படுத்துதல்

மோனாக்ஸைடு உருவாகிறது. கார்பன் மோனாக்ஸைடு இரும்புடன் இணைந்து கார்பைடை உருவாக்குகிறது. இவ்வினையில் உண்டாகும் கார்பன் டைஆக்சைடு மீண்டும் கரியூட்டும் பொருளிலிருந்து முதல் சமன்பாட்டின்படி கார்பன் மோனாக்சைடு உருவாக உதவுகிறது. இரும்பின் கார்பைடு மிகவும் உறுதி வாய்ந்ததாக உள்ளதால் எஃகின் மேற்பரப்பு கடினமாகி விடுகிறது.

இப்பொருள்கள் பெட்டிக்குள் வைக்கப்படும் நேரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில், கடினப்படும் வெளிக்கூட்டின் கனம் அதிகரிக்கிறது (படம் 1).



படம் 1. வெளிக்கூட்டின் கனம் வேறுபடுதல்

நிலக்கரி, கல்கரி போன்றவை கரியூட்டும் பொருளாகப் பயன்படுகின்றன.

வளிம நிலைக் கரியூட்டல். இம்முறையில் கடினப் படுத்தப்பட வேண்டிய பகுதிகள் கார்பன் மோனாக்சைடு, மீத்தேன், புரோபேன் போன்ற கரி வளிமங்களால் சூழப்பட்டுச் சூடாக்கப்படுகின்றன. இவ்வளிமங்களால் வெளியிடப்படும் கரி அப்பகுதிகளின் வெளிப்பரப்பில் ஊடுருவிக் கடினத் தன்மையை உருவாக்குகிறது.

ஊடுருவும் கரியின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவது மிகவும் தேவைப்படுகிறது. இதற்காகக் கரியுடைய வளிமங்கள் ஏதாவது ஒரு மந்த வளிமத்துடன் கலந்து அனுப்பப்படும். எனவே இம்மந்த வளிமம் கொண்டு செல் வளிமம் (carrier gas) எனப்படும். இம்முறையில் வெளிக்கூட்டின் கனம் தக்கவாறு கட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. திண்மநிலைக் கரியூட்டல் முறையில் உள்ள வாறு அனைத்துப் பகுதிகளையும் பெட்டிகளுக்குள் அடுக்காமையால் நேரம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு குறைகிறது.

கரியூட்டலுக்கு ஏற்ற எஃகு. 0.20% கரியுடைய எஃகும், 0.08% - 0.20% வரை கரியுடைய உலோகக் கலவை எஃகும் கரியூட்டலுக்கு மிக ஏற்றவை. சிறிய அளவுடைய அணுக்களைக்கொண்ட எஃகு பொதுவாகக் கரியூட்டலுக்கு மிக ஏற்றதாகும். நிக்கல், குரோமியம். மாலிப்டினம் போன்ற தனிமங்கள் இவ்வகை எஃகில் விரும்பத்தகுந்த உலோகக் கலவைகளாகக் கருதப்படுகின்றன. நிக்கல், மாலிப்டினம் இணைந்த எஃகு உலோகக் கலவையில் கரியூட்டப் படும்போது வியக்கத்தக்க வலிமையுடைய, கடினமான மேற்பரப்பு ஏற்படுகிறது.

கரி நைட்ரஜன் ஊட்டல். கரியூட்டும் அதே முறையில் கரியோடு உலையில் அம்மோனிய வளிமமும்

செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் கரியும், அமோனியாவி லிருந்து நைட்ரஜனும் எஃகில் ஊடுருவுகின்றன.

நைட்ரஜனின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக, இம்முறைக்கான உலைச்சூழலில் கொண்டு செல் வளிமம், கரியூட்டு வளிமம், அம்மோனிய வளிமம் ஆகியவற்றின் கலவை நிரப்பப்படும். கொண்டு செல் வளிமம் நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன் மோனாக்சைடு இவற்றின் கலவையாகும். உலைச்சூழலில் காற்று, வளிமங்களின் விகிதத்தைப் பாதிக்காமல் இருப்பதற்காக ஏதேனும் ஓர் அடைக்கப்பட்ட பாதையை அழுத்தும்போது மட்டுமே தூக்கிச் செல்வளிமம் உட்செலுத்தக் கூடியதாக அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

இம்முறை வளிமநிலைக் கரியூட்டலைவிட மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையிலேயே நிகழ்கிறது (650°C-850°C). நைட்ரஜன் எஃகின் வலிமையேற்கும் தன்மையைக் கூட்டுவதால் உருச்சிதைவு, வெடிப்பு என்பன நிகழாமல் தவிர்க்கப்படுகின்றன. இம்முறை பற்சக்கரம், மறைப்பூட்டுகளுக்கு மிக ஏற்றதாகும்.

சயனைடு ஊட்டல். இம்முறையிலும் கரி, நைட்ரஜன் ஆகியவை ஊட்டப்படுகின்றன. எஃகின் பகுதிகளைச் சூடாக்கி, உருகிய சயனைடு கலவையில் அமிழ்த்தி வைக்கும்போது சயனைடு ஊட்டப்படுகிறது.

பொதுவாகச் சயனைடு கலவையானது 30% சோடியம் சயனைடும், 40% சோடியம் கார்பனேட்டும், 30% சோடியம் குளோரைடும் கொண்டதாகும். 800°C வெப்பநிலைக்கு அருகில் சூடுபடுத்தப்படும்போது சயனைடு கலவை பின்வருமாறு தனிக் கரியையும், நைட்ரஜனையும் வெளிப்படுத்துகிறது.

$$2\,NaCN + 2\,O_2 \rightarrow Na_2CO_3 + CO + N_2$$

$$2CO \rightarrow CO_2 + C$$

கரி நீரூட்டல். இம்முறை ஏறக்குறைய சயனைடு ஊட்டல் போன்றதே ஆகும். ஆனால் சயனைடு ஊட்டல்760°C-840°C வரையில் நிகழ்த்தப்படும். கரிநீரூட்டல் 870°C-950°C வரையிலான வெப்பநிலைகளில் நிகழ்த்தப்படும். இவற்றின் வேறுபாடுகளைக் கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் காணலாம்.

நைட்ரஜன் ஊட்டல். நைட்ரஜனை வெளியிடக் கூடிய மூலப்பொருளுடன் எஃகுப்பகுதி ஏறத்தாழ 490°C-610°C வரை சூடுபடுத்தப்படுகின்றது. எஃகின் உலோகக் கலவையில் அலுமினியம், குரோமியம், வனேடியம், மாலிப்டினம், டங்ஸ்டன் போன்ற தனிமங்கள் இருக்குமாயின் அவற்றோடு நைட்ரஜன் இணைந்து நைட்ரைடுகளை உருவாக்குகிறது. இந்த நைட்ரைடுகளே மேற்பரப்பின் கடினத்தன்மைக்குக் காரணமாகின்றன. கடினப்படுத்தப்பட வேண்டிய பகுதிகள் ஒரு பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டு, அமோனியாவால் நிரப்பப்பட்டு, இறுக மூடப்படுகிறது. கசிவுகள் எதுவுமில்லாதவாறு ஆய்வு செய்தபின் ஓர் உலையில் ஏறத்தாழ 500°C வரை இப்பெட்டி சூடேற்றப்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலையில் அம்மோனியா நைட்ரஜனை வெளியிடுகிறது.

$$2\,NH_3 \rightarrow 3\,H_2 + N_2$$

இவ்வாறு வெளியேற்றப்படும் நைட்ரஜன் எஃகின் மேற்பரப்பில் ஊடுருவுகிறது.

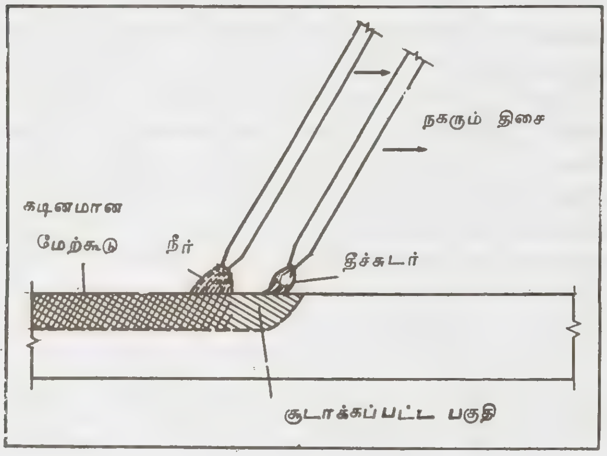
வெளிக்கூட்டின் கனம் 0.25 மி.மீ. ஆக மாறுவதற்கு மேற்கூறிய வெப்பநிலை தொடர்ச்சியாக 40 மணிநேரம் நிலைநிறுத்தப்பட வேண்டும். வெளிக்கூட்டின் கனம் 0.75 மி.மீ. ஆக மாறுவதற்கு வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 100 மணி நேரத்திற்கு நிலைநிறுத்தப்பட வேண்டும்.

தீச்சுடர் மூலம் கடினப்படுத்தல். இம்முறையில் எஃகுப்பகுதிகளின் மேற்பரப்பு ஏதேனும் ஒரு வகைத் தீச்சுடரால் சூடாக்கப்படுகிறது. உடனே நீரில் திடீர் அமிழ்த்தல் மூலம் குளிர்விக்கப்படுகிறது. இதனால் மேற்பரப்பு, சூடுபடுத்தித் தன்மையூட்டுதல் போலக் கடினமாகிறது. 0.3%-6% வரை கரியுள்ள எஃகு இம்முறைக்கு ஏற்றதாகும். நிக்கலும் குரோமியமும் இம்முறைக்கு ஏற்ற உலோகக் கலவையாகக் கருதப்படுகின்றன.

முறை	வெளிக்கூடு அமைப்பு	வெளிக்கூடு ஊடுருவும் தொலைவு
கரிநீரூட்டல்	கரி மிகுதியாகவும் நைட்ரஜன் குறைவாகவும் உள்ளது.	பெரும அளவு 6.25 மி.மீ.
சயனைடு ஊட்டல்	நைட்ரஜன் மிகுதியாகவும் கரி குறைவாகவும் உள்ளது.	பெரும அளவு 0.25 மி. மீ.

வெளிக்கூட்டின் கனம் (மி.மீ)	0.75	1.5	2.5	3.0	6.0
தேவைப்படும் மின் அதிர்வெண்	5,00,000	1,20,000	10,000	4000	1000

பொதுவாக ஆக்சிஜன் அசெட்டலீன் இவற்றின் கலவை எரிக்கப்படுவதன் மூலம் உருவாகும் தீச்சுடர் அதிக வெப்பம் உருவாக்கப் பயன் படுகின்றது. சுடரின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் வெளிக்கூட்டின் கனம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 2. தீச்சுடர் மூலம் கடினப்படுத்தல்.

தீச்சுடர் மூலம் கடினமாக்கல் நான்கு வகைப்படும். அவை பின்வருமாறு:

நிலையானமுறை. தீச்சுடர், உலோகம் இரண்டுமே அசைவின்றி ஒரே நிலையில் உள்ளன. இம்முறை சிறிய உலோகத்தின் குறிப்பிட்ட ஒரு சிறு பகுதிக்கும் பயன்படுகிறது.

தொடர் முறை. இம்முறையில் கடினப்படுத்தப் படவேண்டிய பகுதி நிலையாக வைக்கப்பட்டுத் தீச்சுடர்முனை தொடர்ந்து நகருமாறு அமைக்கப் படுகிறது. கடைசல் எந்திரத்தின் வழித்தடங்கள் போன்ற நீளமான பகுதிகளை இம்முறையால் கடினப்படுத்தலாம்.

சுழல் முறை. இம்முறையில் தீச்சுடர் நிலையாக நிறுத்தப்பட்டுக் கடினப்படுத்தப்பட வேண்டிய பகுதி கள் சுழற்றப்படுகின்றன. இதனால் கப்பி, பற்சக்கரம் போன்ற வட்ட வடிவிலானவை எளிதில் கடினப் படுத்தப்படுகின்றன.

தொடர் சுழல் முறை. இம்முறையில் பகுதிகள் சுழற்றப்படும். அதே சமயத்தில் தீச்சுடர் முனை அச்சுத்திசையின் நேர்கோட்டில் நகருமாறு அமைக் கப்படுகிறது. இம்முறை நீள்தண்டுகள், உருளைகள் போன்ற பகுதிகளுக்குப் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

பொதுவாகத் தீச்சுடர் முறையில் பெரிய பகுதி களைக் குறைந்த செலவில் கடினப்படுத்த முடியும். வெளிக்கூட்டின் கனம் 1.5-6 மி.மீ. வரை இருக்கும். ஆனால் 1.5 மி.மீட்டரைவிடக் குறைவான கனமுள்ள வெளிக்கூட்டை இம்முறையால் உருவாக்கு வது கடினம்.

மின்தூண்டல் மூலம் கடினப்படுத்தல். இம்முறை யில் மின் உற்பத்திக் கருவிகள் மூலம் (நொடிக்கு 1000-10,000 முறை வரை அதிர்வெண்ணும், ஏறத் தாழ 10,000 கி.வா ஆற்றலும் கொண்டது) உரு வாக்கப்படும் மின்சாரம் செப்புக் கம்பிச் சுருள் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. கடினப்படுத்தப்பட வேண்டிய பகுதிகள் இச்சுருளுக்குள் செலுத்தப்படு கின்றன.

கம்பிச் சுருளின் மின்னோட்டம் காரணமாக உள்ளே செலுத்தப்பட்டிருக்கும் பகுதியின் மேற் பரப்பில் காந்த விசை ஏற்படுகிறது. காந்த விசைக் கோடுகள் பகுதியின் மேற்பரப்பில் நுழைந்து செல்கை யில் அப்பரப்பில் மின்சாரம் தூண்டப்படுகிறது. இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்சாரத்திற்கு மேற் பரப்பில் உள்ள மின்தடையின் காரணமாகப் பரப்பு சூடாக்கப்படுகிறது. உடனே நீரூட்டப்பட்டு மேற் பரப்பு குளிர்விக்கப்படுகிறது. எஃகுபகுதிகள் கம்பிச்சுருளுக்குள் பிடிக்கப்பட்டு இருப்பதால் அனைத்துப் பகுதிகளும் ஒரே நேரத்தில் சூடாக்கப்படு கின்றன. இதனால் நேரம் குறைவாகிறது; மின் அதிர் வெண்ணுக்கு ஏற்ப வெளிக்கூட்டின் கனம் மாறுகிறது.

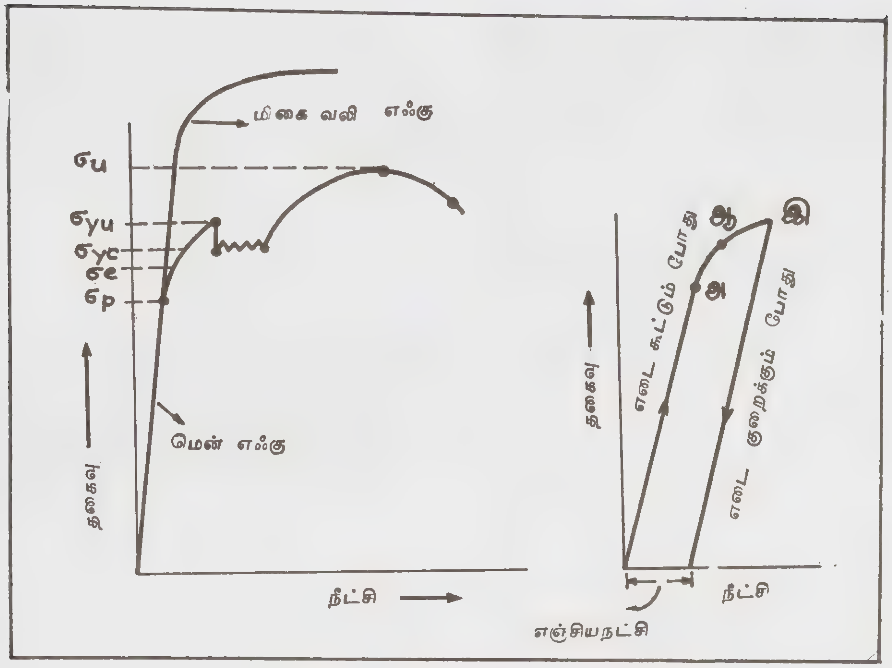
உருளை வடிவம் தவிர பிற வடிவமுள்ள பகுதி களை இம்முறையில் கையாள்வது கடினம். பொது வாக 0.4% - 0.75% வரை கரி உள்ள எஃகே இம்முறைக்கு ஏற்றதாகும்.

மேற்பரப்பைப் பதப்படுத்தல். எஃகு பகுதிகளை வெப்பமூட்டாமல் உருளைகளிடையே செலுத்தி எடுப்பதன் மூலமோ, மேல்பரப்பைச் சுத்தியால் தட்டுவதன் மூலமோ, தண் வேலை (cold working) முறையிலோ கடினப்படுத்த இயலும்.

- வயி. அண்ணாமலை

எஃகு வலிவூட்டி

சிமெண்டுக் கற்காரை உறுப்புகள் எஃகு கம்பி களைக் கொண்டு வலிவூட்டப்படுகின்றன. எஃகின் வலிவும், மீட்சியும், அதில் கலந்துள்ள கரி, கந்தகம்,



படம் 1. மென் எஃகின் தகைவு நீட்சி விகிதம்

பாஸ்ஃபரஸ் போன்றவற்றைப் பொறுத்தமையும். இரும்பு, வார்ப்பிரும்பு, தேனிரும்பு எஃகு ஆகிய மூவகை இரும்பின் மிகுதியான இழு வலிமை, மிகுதியான அமுக்கம், மீட்சி, மிக அதிகமான மீள்மைக் கெழு என்னும் சிறப்புத் தன்மைகளால் எஃகு கற்காரையில் வலிவூட்டியாகப் பயன்படுகிறது. மேலும் தட்பவெப்ப நிலையின் மாறுபாட்டால் ஏற்படும் விரிவும் சுருக்கமும் கற்காரைக்கும் எஃகிற்கும் ஒரே அளவுடையதாக உள்ளதும் ஒரு முக்கிய காரணமாகும்.

எஃகின் மீளுந்தன்மையை விளக்கும் ஆய்வு. தேவையான நீளத்திற்கு ஒரு மென் எஃகு கம்பியை (mild steel bar) எடுத்து இழு விசைக்கு அதைப் படிப்படியாக உட்படுத்தி, கம்பி உடையும் வரை கம்பியின் நீட்சி விகிதத்தையும், தகைவையும் (stress) கணக்கிட்டு வரைபடம் தயாரித்தால் அது படம் (1) இல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் இருக்கும்.

கற்காரையில் பயன்படும் எஃகு அதில் உள்ள இயற்பியல் பொருள்களின் அளவை மாற்றுவதன் மூலமும் தயாரிப்பு முறைகளை மாற்றுவதன் மூலமும் உருமாற்றம் மூலமும் பல வகைகளில் வலிமை கட்டுப்படுத்தப்பட்டு அவற்றிற்கேற்பப் பெயரும் இடப்படுகின்றது.

மென் எஃகு (mild steel), மித இழுவலிமை எஃகு (medium tensile steel), மிகை இழுவலிமை எஃகு (high strength steel) கற்காரையில் பயன்படுத்தப்படும்போது அவற்றின் இழுவலிமையைக் கொண்டு அவை தரம் பிரிக்கப்படுகின்றன.

அறுதி வலிமை 410 நியூட்டன்/ச.மி. மீ வரை கொண்ட எஃகு மென் எஃகு ஆகும். அறுதி இழு

எஃகுகளின் கலவைக் கூறுகள்

தனிமம்	மென் எஃகில்	மித இழுவலிமை எஃகில்
கரி	0.02% (பருமன் 20 மி.மீ.க்கும் குறைவு) 0.03% (பருமன் 20 மி.மீக்கு மேல்)	0.20%
கந்தகம்	0.005%	0.055%
பாஸ்ஃபரஸ்	0.005%	0.05%

கம்பியின் எந்திரவியல் பண்பு (mechanical property)

கம்பியின் வகையும் அளவும்	அறுதி இழு வலிமை குறையாமல்	நெகிழ் தகைவு (yield stress) குறையாமல்	நீட்சி (குறைந்த அளவு)
மென் எஃகு தரம் 1			
கம்பி விட்டம் 20 மி.மீக்குக் குறைவு	410 நி/ச.மி.மீ.	250 நி/ச.மி.மீ.	23 மி.மீ.
கம்பி விட்டம் 20 மி.மீக்கு மேல்	410 நி/ச.மி-மீ.	240 நி/ச.மி.மீ.	23 மி.மீ
மென் எஃகு தரம்-2			
கம்பி விட்டம் 20 மி.மீ அல்லது அதற்கும் குறைவு	370 நி/ ச.மி.மீ.	225 நி/ச.மி.மீ	23 மி.மீ.
கம்பி விட்டம் 20 மி.மீ.க்கு மேல்	370 நி/ ச.மி.மீ	215 நி/ச.மி.மீ	23 மி.மீ.
மித இழுவிசை எஃகு			
கம்பி விட்டம் 16 மி.மீ அல்லது குறைவு	540 நி/ச.மி.மீ.	350 நி/ச.மி.மீ	20 மி.மீ.
கம்பி விட்டம் 16 மி.மீக்கு மேல் 32 மி.மீ. வரை	540 நி/ச.மி.மீ.	340 நி/ச.மி.மீ.	20 மி.மீ.
கம்பி விட்டம் 32 மி.மீக்கு மேல் 50 மி.மீ. வரை	540 நி/ச.மி.மீ.	330 நி/ச.மி.மீ	20 மி.மீ.

வலிமை (ultimate tensile strength) 540 நியூட்டன்/சதுர மில்லிமீட்டர் உள்ள கம்பிகள் மித இழுவலிமைக் கம்பிகள் எனவும் அறுதி இழு வலிமை 1000-2200 நி/ச.மி.மீ. உள்ள கம்பிகள் மிகைவலிக் கம்பிகள் எனவும் கூறப்படும்

(1 கிலோகிராம் = 9.807 நியூட்டன்)

முன் தகைவுறு கற்காரைக்கான மிகு இழு வலிமை எஃகு உருட்டுக் கம்பி.

முன் தகைவுறு கற்காரைக்கான கம்பிகள் சாதாரண கற்காரைக் கம்பிகளைவிட விட்டம் குறைவாகவும் வலிமை மிகுதியாகவும் இருக்க வேண்டும். அவற்றில் கந்தகமும் பாஸ்ஃபரஸூம் 0.05 விழுக்காட்டிற்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும்.

கம்பியின் பருமன், சாதாரணமாக (nominal size) 3 மி.மீ, 3.25 மி.மீ. 4, 5, 7, 8 மி.மீ ஆக உள்ளது.

மென் எஃகும், மிகு இழுவலிமை எஃகும் அடுத்து வரும் கம்பி விட்டத்தில் கிடைக்கின்றன.

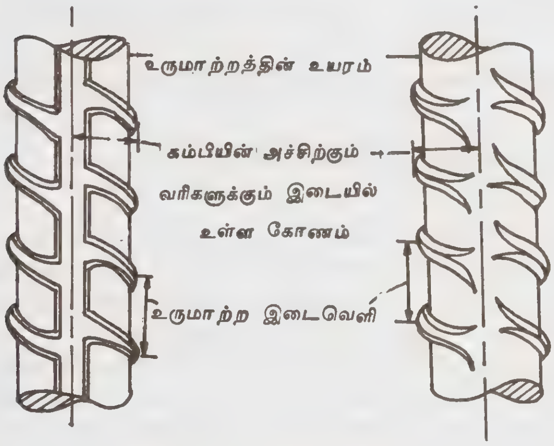
கம்பியின் அறுதி இழுவலிமை அடுத்த பக்கத்தில் வருமாறு இருக்க வேண்டும்:

ஆரத் தகைவு (proof stress). கம்பியின் இறுதி இழுவிசைத் திறனில் 80%க்குக் குறையாமலும் 90%க்கு மிகாமலும் இருக்க வேண்டும்.

முறுக்கப்பட்ட கம்பிகள். (twisted bars). சாதாரண எஃகுக் கம்பிகளை முறுக்குவதால் அதன் இழுவலிமை

கம்பியின் விட்டம்	அறுதி இழு வலிமை
8.00 மி.மீ.	140 கி.கி./ச.மி.மீ.
7.00 ,,	150 ,, ,,
5.00 ,,	160 ,, ,,
4.00 ,,	175 ,, ,,
3.25 ,,	180 ,, ,,
3.00 ,,	190 ,, ,,

ஏறத்தாழ 20% மிகையாவது கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. கம்பியை முறுக்கித் தகைவு நீக்குதலின் மூலம் கம்பிக்கும் கற்காரைக்கும் இடையிலான நழுவு தன்மையைக் குறைத்து அதன் பிணை வலிமையை 40% மிகுதிப்படுத்த இயலும்.



படம் 2. உருமாறிய கம்பி

உருமாற்றம். படம் 2 இல் உள்ளவாறு உரு மாறிய கம்பியில், கம்பி முழுதும் குறுக்கு நெடுக்காகவும், சம அளவுடனும், சம இடைவெளி விட்டும், எதிரெதிர்ப் பக்கங்களில் சம அளவுடனும், சம வடிவத்துடனும் வரிகள் (ribs) இருக்குமாறு தயாரிக்கப்படும்.

கம்பியின் அச்சிற்கும் வரிகளுக்கும் இடைப் பட்ட கோணம் 45°க்குக் குறையாமல் இருக்க வேண்டும். இக்கோணம் 70°க்குள் இருக்குமானால் ஒரு பக்கம் உள்ள வரி மறுபக்கத்தில் தடம் மாறி (direction) இருக்கும். 70°க்கு மிகுந்தால் இவ்வியல்பு காணப்படுவதில்லை. உருமாற்றத்தின் இடைவெளி (spacing of deformation) கம்பியின் விட்டத்தில் 7/10 பங்கிற்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும். உருமாற்றத்தின் நீளம் வரியின் இரண்டு ஓரங்களிலிருந்து அளவிடும்போது கம்பியின் சுற்றளவில் 12.5 விழுக்காட்டிற்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும். வரிகளின் உயரம் பின்வருமாறு இருக்க வேண்டும்:

கம்பியின் அளவு

16 மி.மீ அல்லது அதற்கும் குறைவு - விட்டத்தில் 4%

16 மி.மீக்கு மேல் - விட்டத்தில் 5%

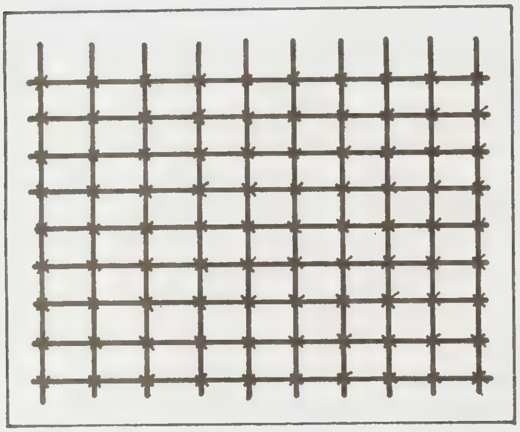
உருமாறிய கம்பிகள் மூவகைப்படும். அவை உரு மாறிய மென் எஃகு, உருமாறிய மிதஇழுவலிமை எஃகு, உருமாறிய மிகை இழு வலிமை எஃகு எனப் படும்.

உருமாறிய கம்பியின் விசையியல் பண்பு

பண்புச் சிறப்பு	கம்பியின் விட்டம்	மென் எஃகு	மிதவலிமை எஃகு	மிகுவலிமை எஃகு
இழுவலிமை கி.கி/ச.மி.மீ	அனைத்து விட்ட அளவுகளும்	42	55	ஆரப்பெரும இழுவிசையை விட 15 விழுக்காடு மிகுதி
நெகிழ்தகைவு கி.கி/ச.மி.மீ	20 மி.மீ அல்லது குறைவு.	26	36	42.5
	20 மி.மீ.க்கு மேல்		34.5	42.5
	40 மி.மீ. வரை	24		
	40 மி.மீக்கு மேல்	24	33	42.5
நீட்சி விழுக்காடு	அனைத்து விட்ட அளவுகளும் மி.மீ.	23	20	14.5

தனிமப் பொருள். உருமாறிய மென் எஃகில் கரி 0.23% க்கு மிகாமலும், கந்தகமும், பாஸ்பரஸும் 0.055% க்கு மிகாமலும் இருக்க வேண்டும்.

உருமாறிய மிகை வலிமைக் கம்பியில் கந்தகமும் பாஸ்ஃபரஸும் 0.055% க்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும்.



படம் 3. கம்பி வலை

கற்காரையில் பயன்படும் கட்டமைக்கப்பட்ட மிகு இழு வலிமை எஃகு கம்பி வலைகள். கற்காரைக்கு வழக்கமாகப் பயன்படும் எஃகு கம்பிகள் தவிர மெல்லிய எஃகு கம்பிகளைக் குறுக்கு நெடுக்காக வைத்து இணைப்புகளைப் பற்ற வைத்து (welded) சதுரம் அல்லது செவ்வகமாகக் கட்டப்படும் கம்பி வலைகளும் இதில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கற்காரைப் பலகங்களின் பருமன் குறைவாகத் தேவைப்படும் இடங்களில் இத்தகைய கம்பிகள் வலிவூட்டிகளாகப் பயன்படுகின்றன. கற்காரையில் இத்தகைய கம்பிவலைகளைக் கற்காரை, கம்பிவலை என மாற்றி மாற்றி அடுக்கடுக்காக வைத்துத் தேவையான கனத்தோடும் வலிவோடும் கற்காரைப் பலகங்களை அமைக்க முடியும். இந்த முறை பெர்ரோ - சிமெண்ட்டு முறை (ferrocement). எனப்படும். இத்தகைய கம்பி வலைக்கு மிகுவலிமை எஃகு கம்பிகள் பயன்படுகின்றன.

சதுர வலைகளின் சாதாரண அளவு:5 செ. மீ, 10 செ. மீ, 15 செ. மீ, 20 செ. மீ. ஆகும். கம்பிகளின் அளவு: 3-10 மி. மீ வரை. நீள் சதுரக் கம்பி வலையின் அளவு: 7.5×25 செ. மீ, 7.5×30 செ.மீ, 7.5×40 செ. மீ, 10×25 செ. மீ, 10×30 செ. மீ. 10×40 செ. மீ. 15×25 செ. மீ, 15×30 செ. மீ. 15×40 செ. மீ ஆகும். கம்பியின் அளவு: முதன்மைக் கம்பி (main bar) 3-8 மி. மீ வரையும், குறுக்குக் கம்பி 2.85-6 மி. மீ வரையும் இருக்கும். எந்த இணைப்பிலும் குறுக்குக் கம்பி முதன்மைக் கம்பினைய விடப் பருமனில் குறைவாகவே இருக்க வேண்டும்.

கம்பிநார். மெல்லிய பொடிக் கம்பிகள் சிறு, சிறு துண்டுகளாக வெட்டப்பட்டுக் கற்காரையுடன் குறிப்பிட்ட விழுக்காட்டில் கலந்து பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இத்தகைய கற்காரைக்குக் கம்பி இழைக் கற்காரை எனப் பெயர். பருமன் 0.9 மி.மீ உள்ள பொடிக் கம்பிகள் 3.60 செ.மீ. அல்லது 4.50 செ. மீ. அல்லது 5.40 செ.மீ. அளவுள்ள துண்டுகளாக வெட்டப்பட்டுக் கற்காரையுடன் இரண்டறக் கலக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இத்தகைய கற்காரையின் வலிமை, கலக்கப்படும் பொடிக்கம்பியின் வலிவைப் பொறுத்து அமையும். காண்க, எஃகு வலிவூட்டிகளின் வடிவமைப்பு.

- இரா. வெ. சு. விஜயகுமார்

எஃகு வலிவூட்டிகளின் வடிவமைப்பு

கட்டக அமைப்புகளில் மேலிருந்தும் பக்கவாட்டிலிருந்தும் வரும் சுமைகள் ஒவ்வொரு தளத்திலும் முதன்முதலில் பலகங்களின் வாயிலாக விட்டங்களுக்கும் உத்திரங்களுக்கும் அதன்பின் விட்டங்களிலிருந்து தூண்களுக்கும் சுமத்தப்பட்டுத் தூண்களுக்கு வரும் ஒட்டு மொத்தச் சுமையும் அடிமானத்திற்கு மாற்றப்பட்டுப் பின் அதன் கீழுள்ள மண்ணிற்குப் பரப்பப்படும். கட்டக அமைப்புகளில் கட்டடங்களைச் சுற்றியும் உள்ளேயும் சுவர்கள் பாதுகாப்பிற்காகவும் பயனுக்காககவும் அமைந்திருக்கும். ஆனால் பெரும்பாலும் அவை சுமைதாங்கா நிரப்புச் சுவர்களாகவே இருக்கும்.

நாகரிகப் பரவலாலும் தொழில் வணிக வளர்ச்சியாலும் பெருநகர்களிலும் மாநகர்களிலும் மக்கள் தொகை மிகுந்துள்ளமையால் வாழிடங்களுக்குத் தேவையான போதுமான காலிமனைகளும் தரைகளும் அருகிவருகின்றன. இத்தகைய சூழலில் அகலப் பெருக்கம் முடியாமையால் உயரப்பெருக்கமாகப் பன்மாடிக் கட்டடங்களைக் கட்ட வேண்டிய இன்றியமையாமை ஏற்படுகிறது. இத்தகைய பன்மாடிக் கட்டடங்களைக் கட்ட, சட்டகங்கள் மிகவும் ஏற்றவை. சட்டகங்களில் பலகம், விட்டம், உத்திரம், தூண், மாடிக் கட்டு, தூக்கி, இணைக்கும் கட்டு விட்டம், நடுச்சுவர், நிரப்புச் சுவர் முதலியன இன்றியமையாக் கட்டு உறுப்புகளாகும். சட்டக்கோப்புக் கட்டடங்களைக் கட்டத் திட்டமிட்ட முன்னேற்பாடு, பயனுறு வடிவமைப்பு, திறமைமிகு நிறுவனம் முதலியவை வேண்டும். இவற்றால் நூறு மாடிகளுக்கும்மேலான பன்மாடிக் கட்டடங்களை விரை

வாகவும் சிக்கனமாகவும் சிறப்பாகவும் கட்ட இயலும் இத்தகைய கட்டடங்களின் உள்ளமைப்புகளில் தளங்களில் வேண்டிய அறை, இருப்பு மாற்றங்கள் ஆகியவற்றை எச்சமயத்திலும் எவ்விதத் தொல்லையு மின்றி, கட்டடக்காப்புக்கு எவ்விதச்சேதமும் நேரா வண்ணம் செய்திட முடியும்.

வகைகள்

எ்கு வலூலிட்டிகளின் ஐந்து வகைகளாவன:
IS: 432-1966 (பகுதி 1) செந்தர மென் எஃகு மற்றும் இடை எஃகு கம்பிகள்.
IS: 1139-1966 செந்தரப்படி காய்ச்சி உருட்டிய முறுக்கு எஃகு கம்பிகள்.
IS: 1786-1979 செந்தரப்படி குளிர்நிலையில் முறுக்கப்பட்ட எஃகு கம்பிகள்.
IS: 1566-1967 செந்தரப்படி கடும் இழுவையால் உருவாக்கப்பட்ட எஃகு கம்பி வலைகள்.
IS: 226-1975 செந்தரப்படி கட்டக எஃகிலிருந்து உருவாக்கப்பட்ட உருட்டு எஃகு கம்பிகள்.
எஃகு கம்பிகளின் இழுப்புத் தகைவுத்திறன் 200 கி.நி/மி.மீ^{2}

கட்டக வரைபடங்கள். பொறிஞரால் தயாரிக்கப் படும் கட்டக வரைபடங்கள் வலிவூட்டிகள், வலி வூட்டிக் கம்பிகளின் வடிவம், நீளம், எண்ணிக்கை, அமைவிடம் போன்ற விவரங்களைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். மேல் சுமத்தப்படும் சுமைகள், கற்காரை வலிமை, பயன்படுத்தப்படும் எஃகு கம்பிகளின் தரம், வலிமை, பிற கம்பிகளோடு இணைப்புக் கம்பிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுபவையின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் நீளம், கற்காரை ஓரத்திண்ணம் (concrete cover), முட்டமைப்புகளின் (strut) விவரம், எஃகு கம்பி களை அமைத்திடும் பாங்கு முதலிய தகவல்களைத் தெளிவாகக் குறிப்பிட வேண்டும்.

கம்பி வளைப் பட்டியல். அடித்தளம், சுவர்கள், தூண்கள், கூரைப்பலகம், விட்டம், கட்டுவிட்டம் அல்லது துணைவிட்டம், மாடிக்கட்டு (staircase) போன்ற பல்வகைக் கற்காரைக் கட்டுறுப்புகள் ஒவ்வொன்றிலும் பயன்படுத்தவேண்டிய கம்பிகளின் வகை, வலிமை, விட்ட அளவு (diameter), எண்ணிக்கை, வடிவம், நீளம், கொக்கிகள் இருப்பின் அவற்றின் அளவுகள், புழக்க வரைபடங்கள் (working drawings), கம்பிவளைப்பட்டியல் முதலியன இவற்றில் நுட்பமாகக் குறிக்கப்படவேண்டும். இத்தகைய வரைபடங்களைப் (நீள்வெட்டுப்படம், குறுக்கு வெட்டுப்படம், தளவரைபடம், நிலைப்படம்) படிப்போர், கட்டுமான இடங்களில் பயன்படுத்து வோர், கம்பி வளைப்போர் முதலியோருக்கு எவ்வித ஐயமும் எழா வண்ணம் ஒவ்வொரு குறிப்பும் தெளி வாகக் குறிப்பிடப்படவேண்டும். நேராகச் செல்லும் கம்பிகள், வளைக்கப்படவேண்டியவை, குறை வெட்டப்படவேண்டியவை பொருத்தப்பட வேண்டிய இடம், இணைப்புக் கம்பிகள் பொருத்தப்பட வேண்டியவை ஆகிய தகவல்கள் வரைபடங்களிலும் கம்பி வளைப்பட்டியலிலும் மிகத் தெளிவாகக் காட்டப்பட வேண்டும்.

எ்கு வலிவூட்டிகளின் அமைவுபற்றிய பொதுக் குறிப்பு:- ஒரே வகையும் வலிமையும் கொண்ட எஃகுக் கம்பிகளையே ஒரு கட்டுறுப்பில் முதன்மை வலி வூட்டிகளாகப் பயன்படுத்தவேண்டும்; இருப்பினும் ஒரே சமயத்தில் ஒரு கட்டுறுப்பில் முதன்மை வலி வூட்டிகளுக்கு ஒரு வகையும், வலிமையும் கொண்ட எஃகு கம்பிகளையும், துணை (secondary) வலி வூட்டிகளுக்கு வேறுவகை வலிமையும் கொண்ட எஃகு கம்பிகளையும் பயன்படுத்தலாம். எஃகு கம்பிகளைத் தனிக்கம்பியாகவோ, இரு கம்பி களாகவோ, மூன்று-நான்கு கம்பிகளை இணைத்துக் கட்டியோ (bundled bar) அமைத்திடலாம். ஒன்றிற்கும் மேற்பட்ட கம்பிகளை ஒரே கட்டாகக் கட்டி இணைத்துப் பயன்படுத்தும்போது குத்துப் பிடிப்புக் கம்பிகளையும் (vertical stirrups) பயன் படுத்தவேண்டும்.

36 மி.மீ. அளவுக்குமேல் கம்பி விட்டமுடைய வலிவூட்டிகளை ஒரே கட்டாகக் கட்டிப் பயன்படுத்தக் கூடாது. எனினும் தூண்களில் மட்டும் அவற்றை அவ்வாறு பயன்படுத்தலாம். எங்கெங்கு இரண்டு இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட கட்டுறுப்புகள் சேர்கின்ற னவோ அங்கெல்லாம் எஃகு வலிவூட்டிகள் மிக நெருக்கமாக அமைய நேரிடும்; இத்தகைய நெருக்கத்தை இயன்ற வரையிலும் தவிர்ப்பது நல்லது. இவ்வலிவூட்டிகளை அவற்றிற்குறிய இடங் களிலும் வெளியிடங்களிலும் இருக்குமாறுஅமைத்திட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, சிறுவிட்டமும் பெரும் உத்திரமும் சேருமிடத்தில் விட்டத்தின் எஃகு வலி வூட்டிகளை உத்திரத்தின் உறுதியூட்டிகளின் மட்டத் திற்கு மேலாகவோ, கீழாகவோ செல்லுமாறு அமைத்து அவை ஒன்றோடொன்று உராயாமல் இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். இவ்வாறே விட்டம், உத்திரம், தூண்கள் சேருமிடத்தில் வலிவூட்டி களை ஒன்றோடொன்று இடித்துக்கொள்ளாமல் அமைத்திட வேண்டும். வளைவுக் கம்பிகளையும், கொக்கிகளையும் முறையாக முன்னூரே வளைத்து வைத்திருக்க வேண்டும். இக்கம்பிகளுக்கும் கொக்கி களுக்கும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள கற்காரை ஓரத் திண்ணம் இருக்க வேண்டும்.

பேரளவு விட்டமுடைய வலிவூட்டிகளைத் (25 மி. மீட்டருக்கு மேல்) தூண்களிலும், உத்திரங்களி

லும் பயன்படுத்தும்போது கம்பிகளிடையே நெருக்கத்தைத் தவிர்த்திட அவற்றை மின்சாரப் பற்ற வைப்பால் இணைத்திடலாம்.

விட்டங்களிலும், உத்திரங்களிலும் எங்கே வளைவுத்திருப்புமை (bending moment) அல்லது தகைவு (stress) மிகக் குறைவாக உள்ளதோ அவ்விடங்களில் இருக்கும் வலிவூட்டிகளின் நீளம் குறைவாக இருப்பின் மற்றொரு வலிவூட்டியை நுழைத்துச் சேர்த்து இணைத்து எடுத்துச் செல்லலாம். எனினும் சாய்வளை கம்பிகளில் (bent up bars) இவ்வாறு ஒட்டுக் கம்பி இணைப்பதைத் தவிர்க்க வேண்டும். இத்தகைய இணைப்பை இடம் மாறி மாறி 50%க்கு மேற்படாத வலிவூட்டிகளில் மட்டுமே செய்ய வேண்டும். இவ்வாறு செய்யும்போது செந்தர அளவுக்கு வடிவமைப்பு நீளம் (development length) இருக்குமாறு மாற்றுக் கம்பியை முதல் கம்பிக்கு இணையாக வைத்து எடுத்துச்செல்லலாம் அல்லது வேண்டிய நீளத்திற்குப் பற்றவைக்கலாம். மாற்றுக் கம்பிகளை இணையாக எடுத்துச் செல்வதை 36 மி. மீ. விட்ட அளவுக்கு மேலுள்ள கம்பிகளையும் இழு விசை (tension) வலிவூட்டிகளாக உள்ள முறுக்குக் கம்பிகளையும் தவிர்த்து இவற்றில் பற்ற வைத்து இணைக்க வேண்டும்.

அடிமான மேல்மட்டத்திற்கு மேல் 1.80 மீட்டர் உயரத்திற்குக் குறைவாகத் தூண்களுக்குரிய வலிவூட்டிகள் இருந்தால் அவை அவற்றின் அடித்தளத்திற்குள் எடுத்துச்செல்லப்பட்டு இறுக்கி வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும், இவ்விடங்களில் இணைப்பு நீட்டுங் கம்பிகளைப்பயன்படுத்தக்கூடாது. இணைப்பு நீட்டுங் கம்பிகள் பயன்படுத்துமிடங்களில் அவற்றின் பரப்பளவு மேலுள்ள கம்பிகளின் பரப்பளவிற்குக் குறையாமல் இருக்கவேண்டும்; அவை மேலும் கீழும் இணைப்புக் கம்பிகள் எடுத்துச் செல்லப்பட வேண்டிய வடிவமைப்பு நீளத்திற்குக் குறையாமல் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். கொக்கிகளின் இறுக்கு நீளத்தையும் சேர்த்து வடிவமைப்பு நீளம் கீழ்க்காணும் அளவிற்கு இருக்க வேண்டும்.

வளைவு இழுவிசையுள்ள கட்டுறுப்புப் பகுதிகளில்	L_d (அ) 30 ϕ
நேர் இழுவிசையுள்ள கட்டுறுப்புப் பகுதிகளில்	$2L_d$ (அ) 30 ϕ
நேர் கம்பிகளில் இணைப்பு நீளம்	15 ϕ (அ) 20செ.மீ.
அமுக்க விசையுள்ள கட்டுறுப்புப் பகுதிகளில்	L_d (அ) 24 ϕ
L_d - வடிவமைப்பு நீளம்	$\frac{\phi \sigma s}{4 T_{bd}}$

ϕ - வலிவூட்டு கம்பியின் விட்ட அளவு
σ_s - கம்பியில் அப்பகுதியில் கருதும் வடிவமைப்புத்தகைவு
T_{bd} - வடிவமைப்புப் பிணைப்புத்தகைவு (bond stress)

இருவேறு விட்ட அளவுடைய வலிவூட்டுங் கம்பிகளை இணைக்க வேண்டியிருந்தால் குறைவான விட்ட அளவுடைய கம்பிக்குத் தேவையான தகைவேற்ற நீள அளவுக்கு மாற்றுக்கம்பி இணைந்து செல்லவேண்டும்.

இழுவிசையில், மென் எஃகிலான உருட்டுக் கம்பிகளின் முனையில் கொக்கிகள் வளைக்கப்பட வேண்டும். ஆனால் தகைவேற்ற நீளமுடைய முறுக்குக் கம்பிகளுக்கு முடிவில் கொக்கிகள் தேவையில்லை. அமுக்க விசையில், சமதளக் கம்பிகளுக்குத் தகைவேற்ற நீளமே முடிவில் இறுக்கி வைக்கத் தேவையான நீளமாகும். கொக்கிகளின் நீளம், வளைவு, வளைவைத் தாண்டியுள்ள கம்பி நீளம் முதலியவற்றை அமுக்கத் தகைவிற்குத் தேவையான தகைவேற்ற நீளத்திற்குக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளலாம். இழுவிசையில் இறுதி இறுக்குநீளம் அல்லது பிடிப்பு நீளம் (anchorage length) கீழ்க்காணும் நீளங்களுக்குக் குறையாமல் இருக்க வேண்டும்.

நேர்கம்பி - 16∅ 90° வளைகம்பி - 8∅ 45° வளைகம்பி - 4∅	∅ கம்பியின் விட்ட அளவு
U - வடிவக் கொக்கிகளும் 16 ∅ நீள அளவுக்குக் குறையாமல் இருக்கவேண்டும்.	

வளையும் கட்டுறுப்புகளில்இழுவிசைவலிவூட்டிகளைக் குறைவெட்டல். இழுவிசை வலிவூட்டிகளைக் குறைவெட்டலுக்குட்படுத்தும்போது வளைவு உந்தத்தை எதிர்க்க எந்த இடத்திற்குமேல் இனி வலிவூட்டிகள் தேவையில்லையோ அவ்விடத்திலிருந்து அக்கட்டுறுப்பின் தொகு உயரம் (effective depth) அல்லது 12 ϕ (ϕ-கம்பியின் விட்டஅளவு) என்பனவற்றில் எது பெரிதோ அந்த நீளம் வரை கம்பிகள் எடுத்துச் செல்லப்பட்டுப் பின்பு குறைவெட்டப்படவேண்டும். ஆனால் எளிய தாக்கு அமைப்பிற்கோ தொங்கு கட்டுறுப்பின் முடிவிற்கோ இது பொருந்தாது.

பின்வரும் நிபந்தனைகளுள் ஏதாவது ஒன்று பொருந்தினாலன்றிக் கட்டுறுப்பின் இழுவிசைப் பகுதியில் வளைவுத்திருப்புமை வலிவூட்டிகளைக் குறை வெட்டலுக்கு உட்படுத்தக்கூடாது; குறைவெட்டல் இடத்திலுள்ள துணிப்புத் தகைவு (shear stress) அனுமதிக்கப்படக்கூடிய அளவில் 2/3 மடங்கிற்கு மேலிருக்கக் கூடாது.

துணிப்புவிசை மற்றும் முறுக்குத்திறன் இவற்றிற்குத் தேவையான அளவிற்கு மேல் பயன்படுத்தும் உயரப் பிடிப்புக் கம்பிகளை எந்த இடத்தில் குறைவெட்டலுக்கு உட்படுத்தலாமோ அதற்கு மேலும் 3/4 கட்டுறுப்பின் தொகு உயர நீளத்திற்குப் போட வேண்டும். இவ்வாறு போடப்படும் உயரப்பிடிப்புக் கம்பிகளின் பரப்பளவு 0.4- க்குக் குறைவில்லாமல் இருக்கவேண்டும். (b - விட்டத்தின் அகலம்; s - உயரப்பிடிப்புக் கம்பிகளுள் ஒன்றிற்கும், மற்றொன்றிற்கும் உள்ள மைய இடை வெளி; f_y-வலிவூட்டியின் மிகக் கூடுதலான தாங்கு தகைவு).

36 மி.மீ. மற்றும அதற்குக் குறைவான கம்பி விட்டமுடைய வலிவூட்டிகளைப் பயன்படுத்தும் போது, குறைவெட்டல் இடத்தில் வளைவு உந்தத்தைத் தடுக்கத் தேவைப்படும் கம்பிகளின் பரப்பளவில் இருமடங்கிற்குமேல் இருக்குமாறு கம்பிகள் தொடர்ந்திருக்க வேண்டும்; மேலும் அவ்விடத்தில் துணிப்புத் தகைவு, அனுமதிக்கப்படுமளவில் 3/4 மடங்கிற்குமேல் இல்லாதவாறும் பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும்.

நேர் திருப்புமை வலிவூட்டிகள். (positive moment reinforcement). எளிய கட்டுறுப்புகளில், நேர் திருப்புமை வலிவூட்டிகளின் பரப்பில் குறைந்தது 1/3 பரப்பும் அதே பகுதியில் தாங்கமைப்பிற்குள் 1/3 தகைவேற்ற நீளத்திற்கு நீட்டிக்கப்பட வேண்டும்.

கிடைமட்டப் பாரத்தைத் தாங்கும் கட்டகத்தில் வள்ளவுக் கட்டுறுப்பு ஒரு பகுதியாக இருந்தால் மேலே குறிப்பிட்டவாறு தாங்கமைப்பிற்குள் நீட்டப்படும் நேர் வளைந்த வலிவூட்டிகள் அந்தத் தாங்கமைப்பின் முகப்பில் இழுவிசையால் ஏற்படும் கணக்கிடப்பட்ட தகைவு ஏற்படுமாறு இறுக்கி வைக்கப்படவேண்டும்.

எதிர்த் திருப்புமை வலிவூட்டிகள். எதிர் வளைவு உந்தத்தை எதிர்க்கவும் தாங்கமைப்பில் வைக்கவும் வலிவூட்டிகளின் மொத்தப் பரப்பில் குறைந்தது 1/3 பரப்பளவாவது எங்கே வளைவு உந்தம் தன் இயல்பை மாற்றிக் கொள்கிறதோ அநத இடத்தைத் தாண்டி வலிவூட்டிகள் அக்கட்டுறுப்பின் தொகு உயரம் அல்லது 12 $\varnothing$ அல்லது 1/16 கண் இடைவெளி (span) இவற்றில் எது பெரிதோ அந்த அளவுக்கு நீட்டிக்கப்பட வேண்டும்.

வலிவூட்டிகளின் இடைவெளி (தனிப்பட்ட கம்பிகளுக்கிடையே விடவேண்டிய குறைந்த தொலைவு.) இணையாகச் செல்லும் இரு கம்பிகளிடையே உள்ள இடைவெளி பின்வரும் அளவுகளில் எது பெரிதோ அந்த அளவிற்கு இருக்க வேண்டும். அக்கம்பிகளில் மிக அதிகமுள்ள கம்பிவிட்ட அளவு; பயன்படுத்தும் கருங்கல் ஜல்லியின் அளவினும் 5 மி. மீ அளவு கூடுதல்; கம்பிகள் அனைத்தும் ஒரே அளவாக இருந்தால், கம்பியின் விட்ட அளவு தண்டு அசக்கிகள் (needle vibrator) பயன்படுத்தும் கற்காரையில் இந்த இடைவெளி கருங்கல் சல்லியின் அளவில் 2/3 மடங்குக்குக் குறைக்கலாம், இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட அடுக்குக் கம்பிகள் (ஒன்றன் மேல் ஒன்றாக) பயன்படுத்தப்பட்டால், இரு கம்பிகளுக்கிடையே இருக்க வேண்டிய கிடை இடைவெளி 15 மி. மீ. மீப்பெரு ஜல்லியின் அளவில் 2/3 மடங்கு அல்லது மீப்பெருகம்பியின் விட்ட அளவு இவற்றுள் எது மிகுதியானதோ அந்த அளவுக்கு இருக்க வேண்டும்.

இழுவிசைக் கம்பிகளுக்கிடையே பெரும இடைவெளி. விரிசல் இடைவெளிக் கணக்கீடுகளின்படி கம்பிகளுக்கிடையே மிகுதியான இடைவெளி இருக்கலாம் என்று அனுமதிக்கப்பட்டாலன்றி வளைவுக் கட்டுறுப்புகளில் கீழ்க்காணும் விதிகள் கடைப்பிடிக்கப்படவேண்டும்.

விட்டங்கள். விட்டத்தின் இழுவிசைப்பகுதியில் இணையாகச் செல்லும் வலிவூட்டிகளின் இடையே உள்ள கிடை இடைவெளி வடிவ ஆய்வில் கருதப்படும் வளைவுத்திருப்புமை மறுபரவலுக்கேற்பவும் கம்பிகளின் தாங்கு வலிமைத் திறனுக்கேற்பவும் அட்டவணையில் குறிப்பிட்டுள்ள தொலைவிற்கு மேல் இருக்கக்கூடாது.

பலகங்கள். பலகங்களில் இணையாகச் செல்லும் முதன்மை வலிவூட்டிகளிடையே உள்ள இடைவெளி பலகத்தின் தொகு உயரத்தின் மும்மடங்கு அல்லது 450 மி.மீ (இவற்றில் எது குறைவோ) அதற்குமேல் இருக்கக்கூடாது. சுருக்கம் மற்றும் வெப்பநிலை மாற்றத்திற்கு எதிராகப் பயன்படுத்தும் இணையாகச் செல்லும் வலிவூட்டிகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளி பலகத்தின் தொகு உயரத்தின் ஐம்மடங்கு அல்லது 450 மி.மீ. இவற்றில் எது குறைவோ அதற்குமேல் இருக்கக்கூடாது.

வலிவூட்டிகளுக்கு விட வேண்டிய ஓரத்திண்ணம். எல்லா வலிவூட்டிகளிலும் கீழே குறிப்பிட்டுள்ள அளவில் கற்காரை ஓரத்திண்ணம் (cover) இருக்கவேண்டும். இவ்வோரத்திண்ணத்தில் காரைப் பூச்சோ எழிற்பூச்சோ சேராது. ஒவ்வொரு வலிவூட்டியின் முடிவில் 25 மி.மீ அல்லது கம்பி விட்டத்தின் இருமடங்கு அளவுக்குக் குறையாமல் இருக்கவேண்டும். தூண்களில் பயன்படுத்தப்படும் நெடுக்கைக் கம்பிக்கு 40 மி.மீ. அல்லது அக்கம்பியின் விட்ட அளவுக்குக் குறையாமலும் இருக்கவேண்டும். விட்டங்களில் பயன்படுத்தப்படும் நெடுங்கம்பிக்கு 25 மி.மீட்டருக்குக் குறையாமலும் அக்கம்பியின் விட்ட அளவுக்குக் குறையாமலும் இருக்க வேண்டும். பலகங்களில் இழுவிசை, அமுக்கம், துணிப்பு அல்லது வேறு எவற்

கம்பியின்	குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிலிருந்து வளைவுந்த மறுபரவல்				
வலிமை	-30%	-15%	0%	15%	30%
250	215 மி.மீ	260 மி.மீ	300 மி.மீ	300 மி.மீ	300 மி.மீ.
415	125 மி.மீ	155 மி.மீ	130 மி.மீ	210 மி.மீ	235 மி.மீ.
500	105 மி.மீ	130 மி.மீ	150 மி.மீ	175 மி.மீ	195 மி.மீ.

றுக்கும் பயன்படுத்தப்படும் வலிவூட்டிகளிலிருந்து 15 மி.மீக்குக் குறையாமலும் அக்கம்பியின் விட்ட அளவுக்குக் குறையாமலும் இருக்க வேண்டும். கற்காரைக் கட்டுறுப்புகள் தீங்கு விளைவிக்கும் கரிமப் பொருள்கள் கலந்துள்ள மண்ணோடு ஒட்டியிருக்கு மானால் அல்லது கேடு ஏற்படுத்தும் அமிலம், புகை, உப்புக்காற்று, கந்தகப்புகை முதலியவற்றால் தாக்கப் படுமானால் மேலே குறிப்பிட்டுள்ள கற்காரை ஓரத் திண்ணத்திலும் 15 மி.மீ - 50 மி.மீ. வரை கூடு தலாக இருக்கவேண்டும்.

கடல்நீரில் முற்றிலும் மூழ்கியிருக்கும் கற்காரைக் கட்டுறுப்புகளுக்கு மேலே குறிப்பிட்ட கற்காரை ஓரத்திண்ணத்திலும் 40 மி.மீ. கூடுதலாக ஓரத் திண்ணம் அமைக்க வேண்டும். கடல் அலைகளாலும், ஓதங்களாலும் விட்டுவிட்டு நனைக்கப்படும் கட்டுறுப்பு களுக்கு மேலே குறிப்பிட்ட ஓரத்திண்ணத்திலும் 50மி.மீ. கூடுதலாக ஓரத்திண்ணம் அமைத்திட வேண்டும்.

கலவை M 25 மற்றும் அதற்கும் மேல்வலிமை கொண்ட கற்காரைக் கலவைகளுக்கு மேலே குறிப் பிட்ட கூடுதல் ஓரத்திண்ணம் பாதியளவாகக் குறைக்கப்படலாம்.

எந்த ஒரு கற்காரைக் கட்டுறுப்பிலும் ஒட்டு மொத்தக் கற்காரை ஓரத்திண்ணம் 75மி.மீக்கு மேலிருக்கக்கூடாது.

கற்காரைக் கட்டமைப்புகளுக்கு வேண்டிய வலிவூட்டிகள்

இழுவிசை வலிவூட்டிகள். விட்டங்களில் பயன் படுத்தவேண்டிய வலிவூட்டியின் சிறும அளவு பரப்பு, 0.85 bd/f_y க்குக் குறைவாக இருக்கக் கூடாது. இவ்வாறே வலிவூட்டியின் பெரும அளவு 0. 04 க்கும் கூடுதலாக இருக்கக் கூடாது.

அமுக்க விசை வலிவூட்டிகள். அமுக்குவிசை வலி வூட்டியின் பெரும அளவு பரப்பு 0.04 bD க்கும் கூடுதலாக இருக்கக்கூடாது. அமுக்க வலிவூட்டிகள் சிறப்பாகப் பயன்பட இவற்றுடன் பிடிப்புக் கம்பி களையும் அமைக்க வேண்டும்.

பக்கப்பகுதி வலிவூட்டிகள். ஒரு விட்டத்தின் அகடு (web) 750 மி.மீக்கு மேலிருந்தால் அந்த அகட்டின் பக்கப்பகுதிகளில் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பில் 0.1%க்கு குறையாமல் வலிவூட்டிகளை அமைத்திடவேண்டும். இவ்வாறு அமைத்திடும்போது இரு கம்பிகளுக் கிடையே உள்ள உயர இடைவெளி 300 மி.மீ. அல்லது அவ்விட்டத்தின் அகலம் இவற்றில் எது குறைவோ அதற்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும்.

துணிப்பு விசை மற்றும் முறுக்குவிசைக்கான குறுக்கு வலிவூட்டிகள். விட்டங்களில் அமைத்துள்ள குறுக்கு வலிவூட்டிகள் இழுவிசை மற்றும் அமுக்கம் ஆகிய வற்றைத் தாங்க, ஓரங்களில் வைத்துள்ள வலி வூட்டிகளைச் சுற்றி எடுத்துச் செல்லவேண்டும். T வடிவ மற்றும் I வடிவ விட்டங்களில் குறுக்கு வலி வூட்டிகள், பலகங்களின் வெளி ஓரங்களில் அமைந் துள்ள நெடுக்கை வலிவூட்டிகளைச் சுற்றிச்செல்லு மாறு அமைத்திட வேண்டும்.

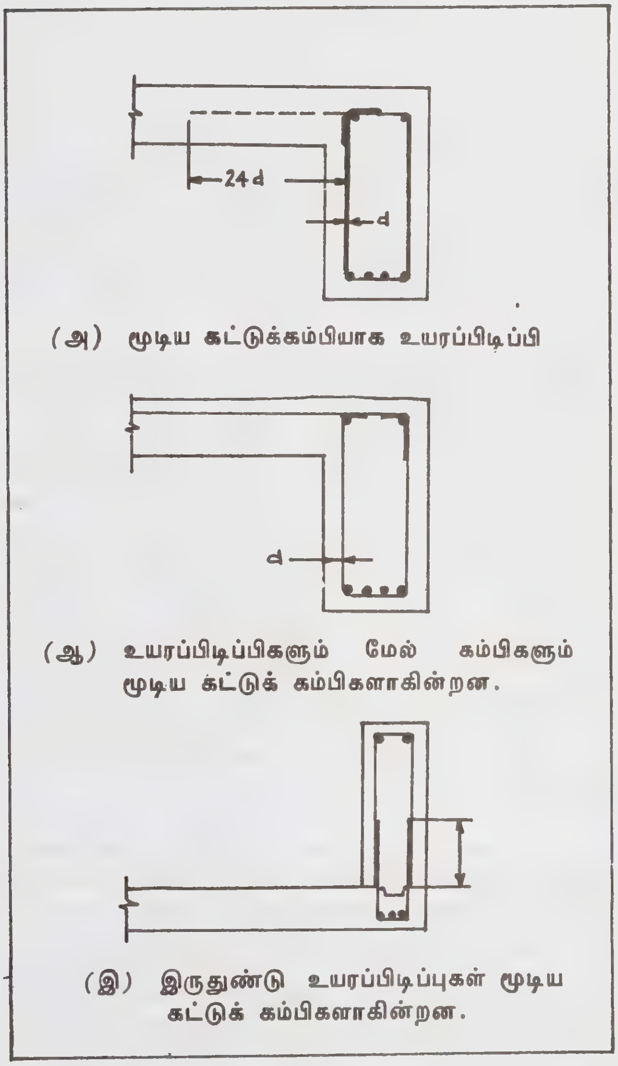
துணிப்பு வலிவூட்டிகள். வலிவூட்டியின் சிறும அளவு: துணிப்பு விசையினைத் தாங்கிட அமைக்கும் பிடிப்புக் கம்பிகளின் அளவு $A_{sv} \geq 0.4b\, s_v/f_y$ தரப்படி இருக்க வேண்டும். A_{sv} = உயரப்பிடிப்புக் கம்பிக் கால்களின் குறுக்குப்பரப்பளவு; s_v = உயரப் பிடிப்புக் கம்பிகள் ஒன்றிற்கொன்றிற்கு உள்ள இடைவெளி; b = விட்டத்தின் அகலம்; f_y = வலி வூட்டியின் தாங்குதிறன் தகைவு. எனினும் மேற்படி விட்டம் (lintel) போன்ற சிறு கட்டுறுப்புகளுக்கும், மேலும் துணிப்புத் தகைவு துணிப்பு வலிமையில் பாதிக்கும் குறைவாக இருக்கின்ற கட்டுறுப்புகளுக்கும் மேலே குறிப்பிட்ட சிறும அளவு பொருந்தாது. துணிப்பு விசையினைத் தாங்கப் பயன்படும் பிடிப்புக் கம்பிகளுக்கிடையே உள்ள பெரும இடைவெளி 0.75d க்கு மிகாமலும் 450 மி.மீக்கு மிகாமலும் அமையவேண்டும்.

முறுக்க வலிவூட்டிகளின் பரவல். கற்காரைக் கட்டுறுப்புகளை முறுக்குத் திருப்புமையைத் தாங்கிட வடிவமைக்கும்போது, முறுக்க வலிவூட்டிகளைப் பின்வருமாறு அமைத்திட வேண்டும்: முறுக்கத்திற் கான குறுக்கு வலிவூட்டிகளைச்(transverse reinforce-ment) செவ்வக வடிவில் கட்டுறுப்பின் அச்சுக்குச் செங்குத்தான திசையில் பொருத்தவேண்டும். இத் தகைய குறுக்குக் கம்பிகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளித்தூரம் x_1, $\frac{(x_1+y_1)}{4}$ அல்லது 300 மி.மீ.

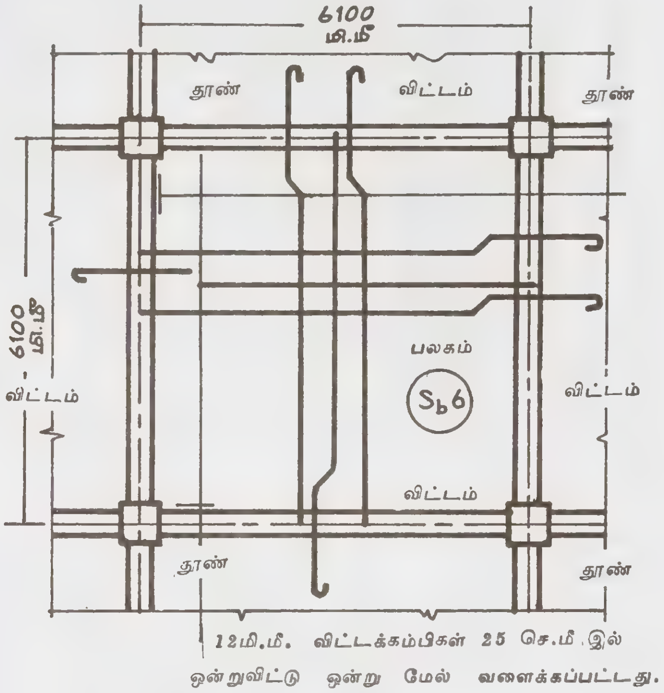
இவற்றில் மிகக் குறைவானதற்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும். x_1 - குறுக்குக் கம்பியின் குறைந்த அகல அளவு, y_1-குறுக்குக் கம்பியின் குறைந்த உயரஅளவு.

நெடுக்கை வலிவூட்டிகள், கட்டுறுப்பின் மூலை களுக்கு மிக அருகில் (மிகக்குறைந்தது ஒரு மூலைக்கு ஒரு கம்பி வீதம்) இருக்குமாறு அமையவேண்டும். கட்டுறுப்பின் குறுக்களவு 450 மி.மீக்கு மேலிருந்தால் கூடுதலான நெடுக்கை வலிவூட்டிகளை மேலே குறிப் பிட்டுள்ள இடைவெளித் தூரத்திற்கு மிகாமல் அமைக்கவேண்டும்.

பலகங்கள். வலிவூட்டிகளின் சிறும அளவு: பலகங்களில் இரு திசைகளிலும் பயன்படுத்தப்படும் வலிவூட்டிகளின் சிறும அளவு பலகக் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பில் மென் எஃகு கம்பியாக இருந்தால் 0.15%க்குக் குறையாமலும் வலிய எஃகு கம்பியாக இருந்தால் 0.12% க்குக் குறை யாமலும் இருக்க வேண்டும். வலிவூட்டியின் பெரும விட்ட அளவு: பலகங்களில் பயன்படுத்தப்படும் வலிவூட்டிக் கம்பிகளின் பெரும விட்ட அளவு பலகத்தின் கற்காரைத் திண்ணத்தில் 1/8 பகுதிக்கு மேலிருக்கக்கூடாது.



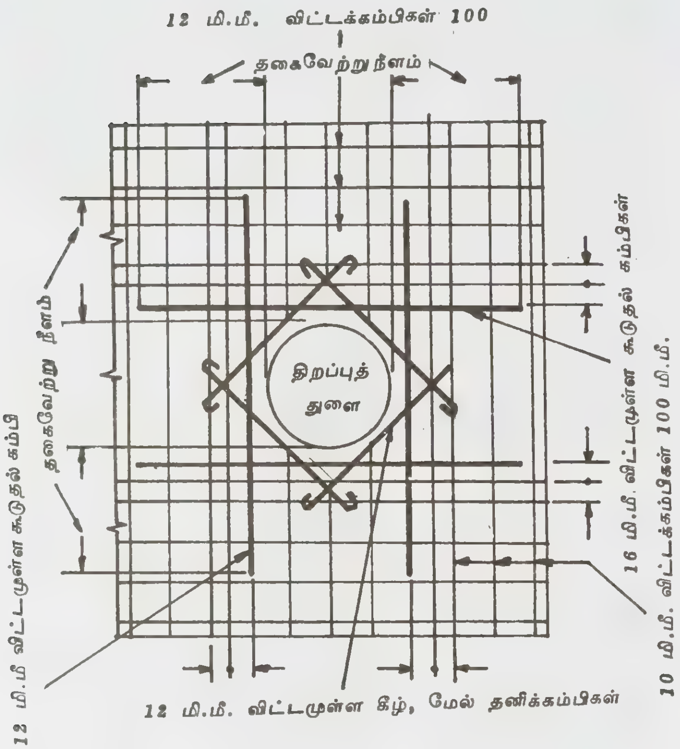
படம் 1. ஓரவிட்டம் மற்றும் இடைவளை விட்டத்தில் வலிவூட்டிகளின் அமைவுப்படம்.

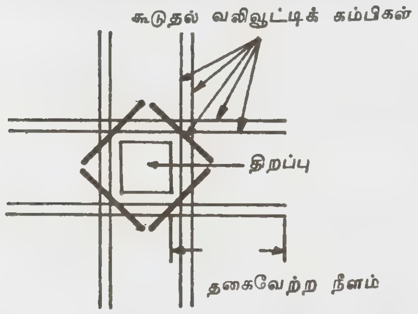


படம் 2. பலகத்தில் வலிவூட்டிகளின் அமைப்புப்படம்.

தூண்களில் நெடுக்கை வலிவூட்டிகள். தூண் களில் பயன்படுத்தப்படும் நெடுக்கை வலிவூட்டி களின் அளவு குறுக்குவெட்டுப் பரப்பில் 0,8%க்குக் குறைவாகவோ 6% க்கு மிகையாகவோ இருக்கக் கூடாது. சதுர அல்லது செவ்வகத் தூண்களில் மிகக் குறைந்தது 4 நெடுக்கை வலிவூட்டிகளும், வட்டத் தூண்களில் மிகக் குறைந்தது 6 நெடுக்கை வலிவூட்டி களும் பயன்படுத்தவேண்டும். இக்கம்பிகளின் விட்ட அளவு 12 மி.மீக்குக் (மென் எஃகு) குறைவாக இருக் கக் கூடாது.

தூண்களின் வெளிச் சுற்றளவில் அளக்கும் போது நெடுக்கைக் கம்பிகளுக்கிடையே உள்ள இடை வெளி 300 மி.மீக்குக் கூடுதலாக இருக்கக்கூடாது. பீடங்களில் (pedestal) நெடுக்கை வலிவூட்டிகள் பீடத்தின் குறுக்குப்பரப்பில் 0,15% க்குக் குறை யாமல் இருக்க வேண்டும்.





படம் 3. பலகத்திறப்புகளில் வலிவூட்டிகளின் அமைப்புப் படம்

தூண்களில் குறுக்கு வலிவூட்டிகள். நெடுக்கை வலிவூட்டிகள் இடம் பிறழாது நிறுத்திடப் பக்க வாட்டுக் குறுக்குக் கம்பிகள், சதுர அல்லது செவ்வக வடிவத்திலோ வட்டவடிவிலோ சுருள்வடிவிலோ பயன் படுத்தப்பட்ட வேண்டும். இக்குறுக்கு வலிவூட்டிகள் நெடுக்கைக் கம்பிகளைச் சுற்றி உள்ளே நன்றாகப் பற்றியிருக்குமாறு கட்டப்பட வேண்டும்.

பக்கவாட்டுக் குறுக்குக் கம்பிகளுக்கிடையே இருக்க வேண்டிய இடைவெளித் தூரம், தூண் போன்ற அமுக்குக் கட்டுறுப்பின் பக்கவாட்டு அகலம்; 16 மி.மீ. நெடுக்கைக் கம்பிகளுள் சிறிய கம்பியின் விட்ட அளவு; 48மி.மீ. பக்கவாட்டுக் குறுக்குக்கம்பி யின் விட்ட அளவு முதலியவற்றுள் மிகக் குறைவான தற்கு மேலிருக்கக்கூடாது.

இத்தகைய குறுக்கு வலிவூட்டிக் கம்பியின் விட்ட அளவு 5 மி.மீ. அல்லது பயன்படுத்தப்படும் நெடுக் கைக் கம்பியின் விட்டஅளவில் ¼ பகுதிக்குக் குறை வாக இருக்கக்கூடாது.

சுருள் வடிவக் குறுக்குக் கம்பிகளுக்கிடையே அமையவேண்டிய இடைவெளி 75 மி.மீ. அல்லது தூணின் உள்விட்டத்தில் 1/6 பகுதி அல்லது குறுக் குக் கம்பியின் விட்டத்தைப் போல் மூன்று மடங்குக் குக் குறைவில்லாமல் இருக்க வேண்டும்.

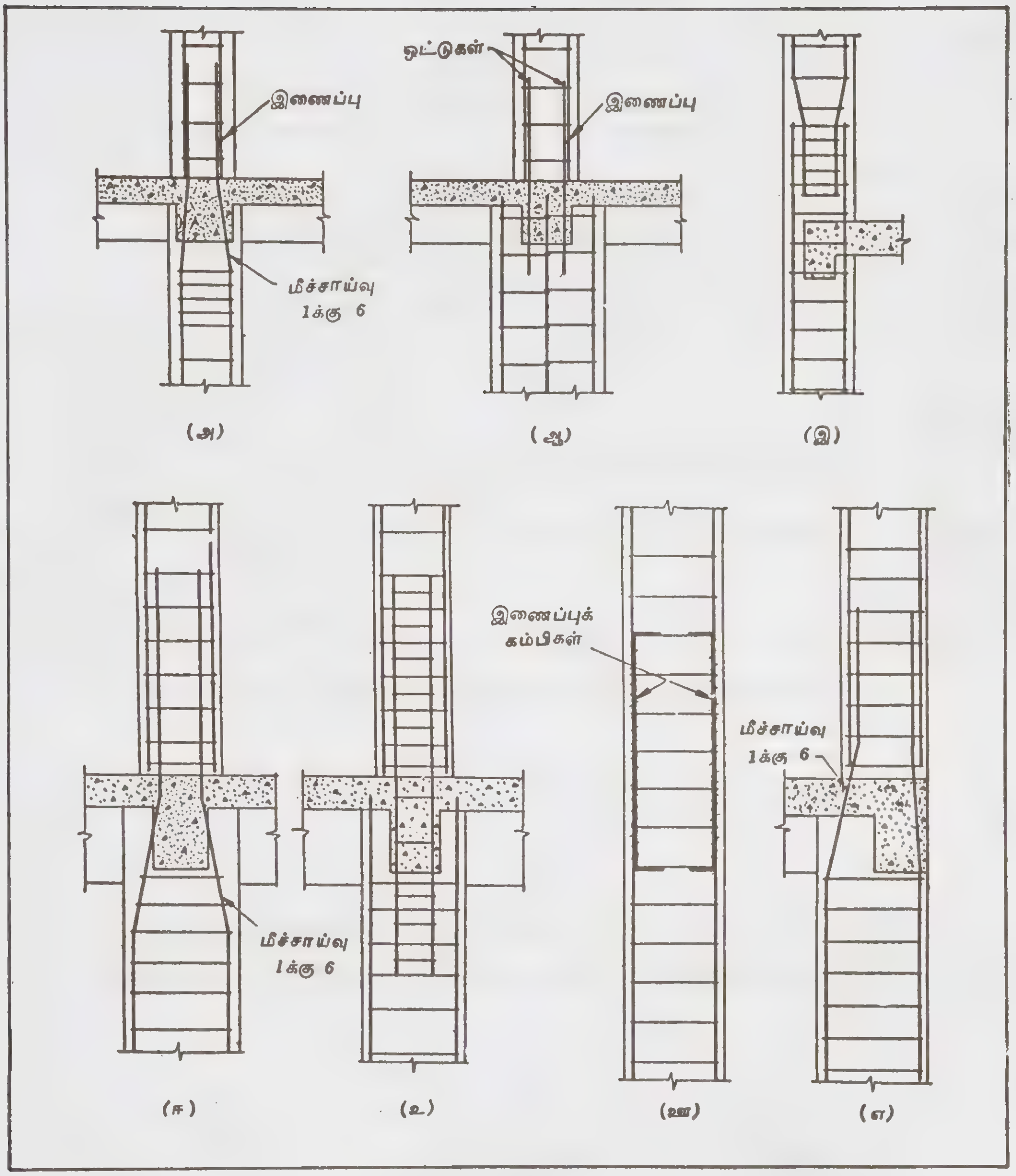
பெரும்பாலும் பல மாடிக் கட்டடங்களில் தூணின் அளவு கீழ்த்தளத்தில் பெரியதாகவும் மேல் தளத்தில் சிறியதாகவும் அமையும். அச்சமயங்களில் தூண் ஓரங்களில் உள்ள நெடுக்கைக் கம்பிகளை இவ்வளவுகளுக்கு ஏற்றவாறு உரிய கற்காரை ஓரத் திண்ணம் கொடுத்து வளைக்க வேண்டும். இவ்வாறு வளைக்கப்படும் வளைவுச் சரிவு 1:6 க்கு மேல் இருக்கக்கூடாது. மேலும் இந்த வளைவுக்கு மேலும் கீழும் உள்ள நெடுக்கைக் கம்பிகளைத் தூண்களின் உயரத்திற்கு இணையாக நெடுக்கில் செல்லுமாறு அமைக்கவேண்டும்.

தளமட்டப்பலகம். விட்டங்களின்றித் தூண்களால் மட்டும் தாங்கப்படும் கற்காரைப் பலகங்களுக்குத் தளமட்டப் பலகம் (flat slab) என்று பெயர். இத்தள மட்டப் பலகத்தின் திண்ணம் 125 மி. மீ.க்கு குறை யாமல் இருக்கவேண்டும். கட்டடங்களில் தள உயரம் குறைவாக உள்ளபோதும், பெருஞ்சுமைகள் தாங்க வேண்டிய போதும் இத்தகைய கட்டுமான முறை கடைபிடிக்கப்படும். மட்டப்பலகத்தில் வலிவூட்டி களுக்கிடையே உள்ள இடைவெளி 2×மட்டப் பலகத்தின் திண்ணம் அளவுக்கு மேலிருக்கக்கூடாது, மேலும் இத்தகைய வலிவூட்டிகளின் மிகக்குறைந்த நீளம் இதற்குரிய இந்தியச் செந்தர நிறுவன விதிக் கோட்பாடுகளில் குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் குறையா மல் இருக்கவேண்டும்.

மட்டப்பலகத்தின் தொடர்ச்சியற்ற ஓரங்களுக் குச் செங்குத்தான திசையில் உள்ள வலிவூட்டிகளும் தாங்கமைப்புகளிலுள்ள முதன்மை வலிவூட்டிகளோடு இணைத்து இறுக்கி வைக்கப்பட வேண்டும்.

மட்டப் பலகத்தில் வலிவூட்டிகளின் அமைப்பு படம் 7இல் தெளிவாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மாடிக்கட்டு. மாடிக்கட்டுகளில் பலகம் ஒரு வகை சாய்வுப் பலகவடிவானது. இதற்கு, வலிவூட்டுங் கற்காரைப் பலகத்துக்குள்ள எல்லா வலிவூட்டி

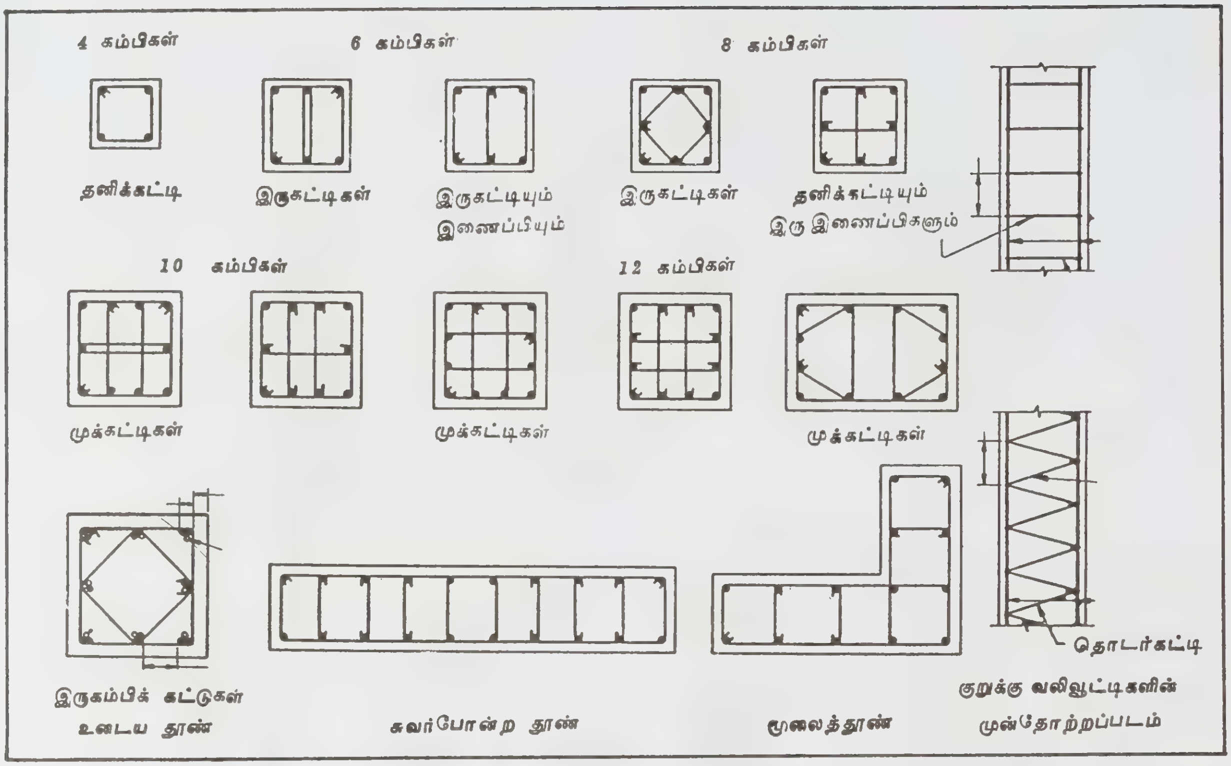


படம் 4. தூண்களில் இணைப்புக் கம்பிகளின் விளக்கப்படம்

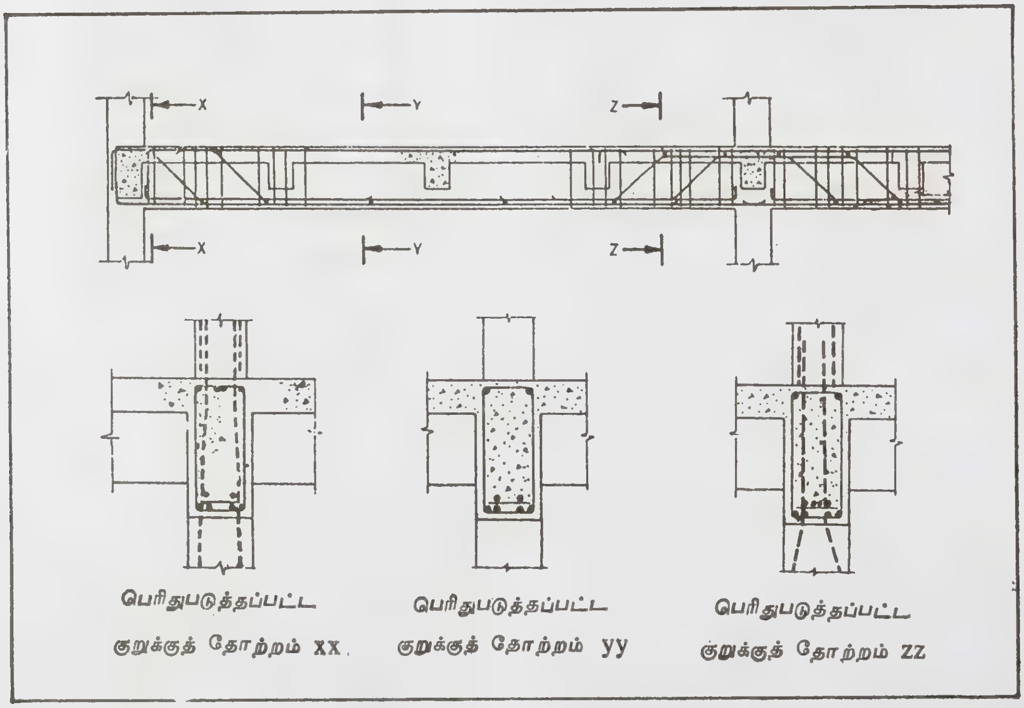
விதிகளும் பொருந்தும். வலிவூட்டிகளின் அமைவு, படம் 8 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

துருத்து பலகம் (canopy). துருத்து பலகத்தில் உள்ள நான்கு பக்கங்களில் ஒரு பக்கம் மட்டும் தாங்கமைவுடையது. மற்ற மூன்று பக்கங்களில் எவ் விதத் தாங்கமைவும் இல்லை. இத்தகைய துருத்து பலகத்திற்கு இழுவிசை வலிவூட்டிகள் கட்டுறுப்பின் மேற்பகுதியில் அமைக்கப்பட்டுத் தாங்கமைவில் போதுமான தகைவேற்ற நீளத்துடன் இறுக்கி வைக் கப்படவேண்டும், இதற்குத் தேவையான வலிவூட்டி களின் சிறும அளவு மற்ற எளிய பலகங்களுக்கு உரிய வாறே அமையும்.

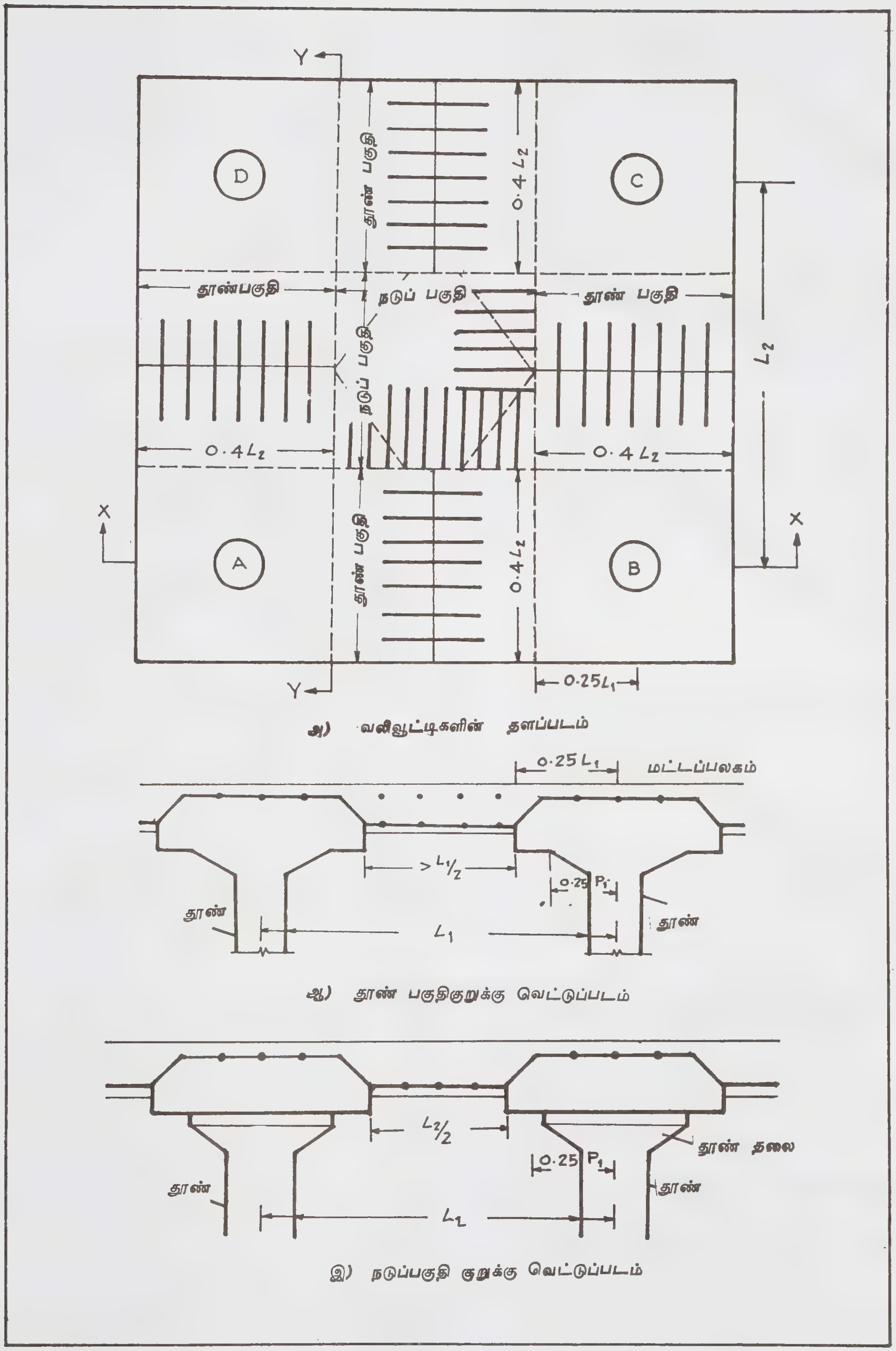
இத்தகைய துருத்து பலகங்கள் தனித்துருத்து பலகமாகவோ, இடையிட்ட நீட்டுத் தொங்கு



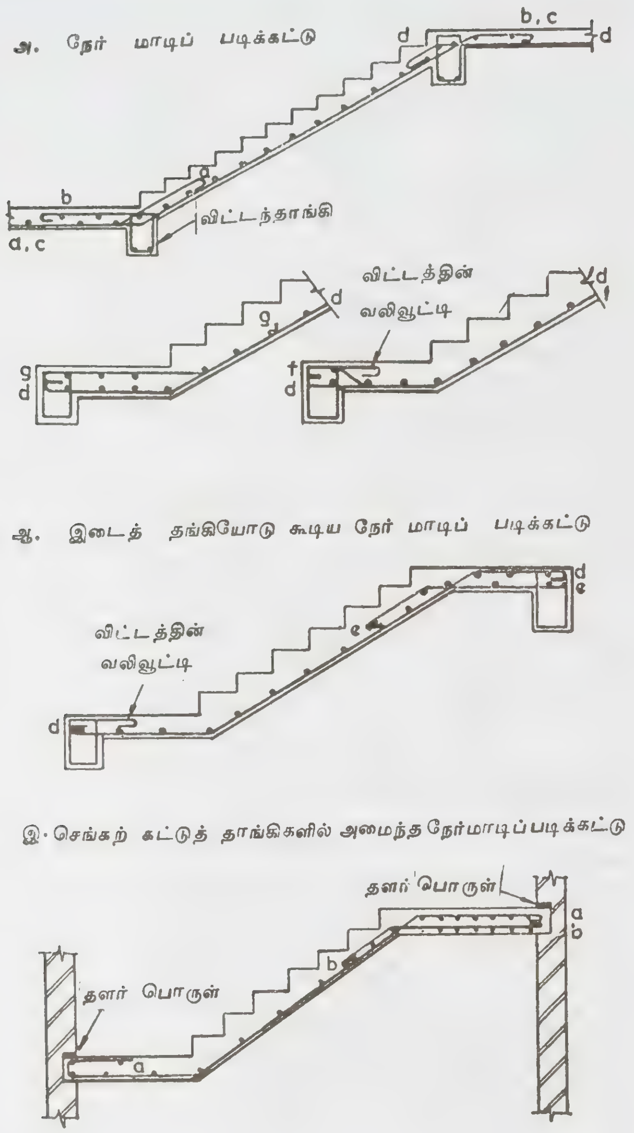
படம் 5. தூண்களில் பக்கக்கட்டிகள்/இணைப்பிகளின் அமைப்புப்படம்



படம் 6. தூணும் விட்டமும் சேருமிடத்தில் வலிவூட்டிகளின் விளக்கப்படம்



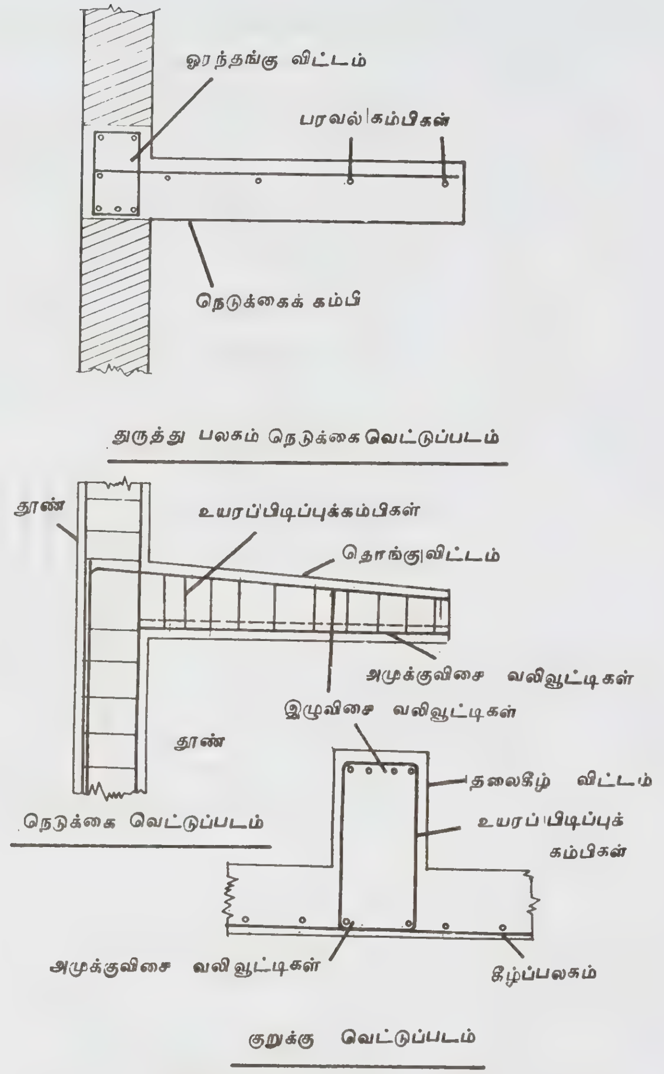
படம் 7. மட்டப் பலகம்



படம் 8. நேர்மாடிப் படிக்கட்டுப் பலகங்களில் வலிவூட்டிகளின் விளக்கப்படம்

விட்டமும் பலகமும் உடையதாகவோ இருக்கலாம். இவற்றின் வலிவூட்டிகளின் அமைவு படம் 9 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

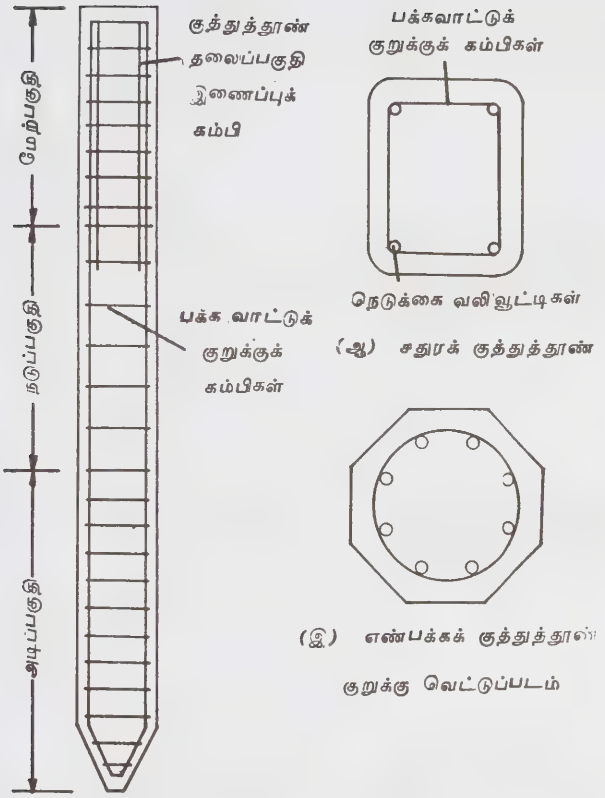
நிலத்தூண் அடிமானம் (pile foundation). நிலத் தூண்கள், கட்டமைப்பில் சாதாரண தூண்களை ஒத்தவையே; எனினும் இவை மண்ணினுள் இறுக்கப் பட்டிருக்கும். நிலத்தூண்களில் வலிவூட்டிகளின் அளவும் நீளமும் வேறுபடும். நிலத்தூண்களில் நெடுக்கை வலிவூட்டிகளின் சிறும அளவு மிகு இழு வலிமை எஃகு முறுக்குக் கம்பிகளைப் பயன்படுத்தும் போது தூண்களின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பில் 0.4 எஃகு குறையாமல் இருக்க வேண்டும். மென்



படம் 9. துருத்தி விட்டம் பலகம் வலிவூட்டிகளின் அமைவுப் படம்

0.4%க்கு மிகு இழுவலிமை எஃகு கம்பிகளின் வலிமைக்கு இணையாக உள்ள கூடுதல் பரப்பளவு எஃகு கம்பிகளைப்பயன் படுத்தவேண்டும். நிலத்தூண் களில் வலிவூட்டிகளுக்கு 50 மி. மீ. க்குக் குறையாத கற்காரை ஓரத்திண்ணம் இருக்கவேண்டும். குறுக்குக் கட்டுக் கம்பிகள் (transverse lateral ties) சுருள் கம்பி களாகவோ வட்ட வடிவக் கம்பிகளாகவோ சதுர வடிவக் கம்பிகளாகவோ இருக்கலாம். இக்குறுக்கு வலிவூட்டிகளின் கம்பிவிட்டம் 6 மி. மீ. க்குக் குறை யாமலும் இவை ஒன்றுக்கொன்று 150 மி. மீ இடை வெளியுடையவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

நிலத்தூண்களின் மேல்தலை (pile cap). நிலத் தூண்களின் மேல்தலைக் கட்டமைப்பில் முதன்மை வலிவூட்டிகள் மென் எஃகாக இருந்தால் குறுக்குப் பரப்பில் 0.25%க்கும், மிகு இழு வலிமை எஃகாக இருந்தால் 0.15% க்கும் குறையாமல் அமைத்திட



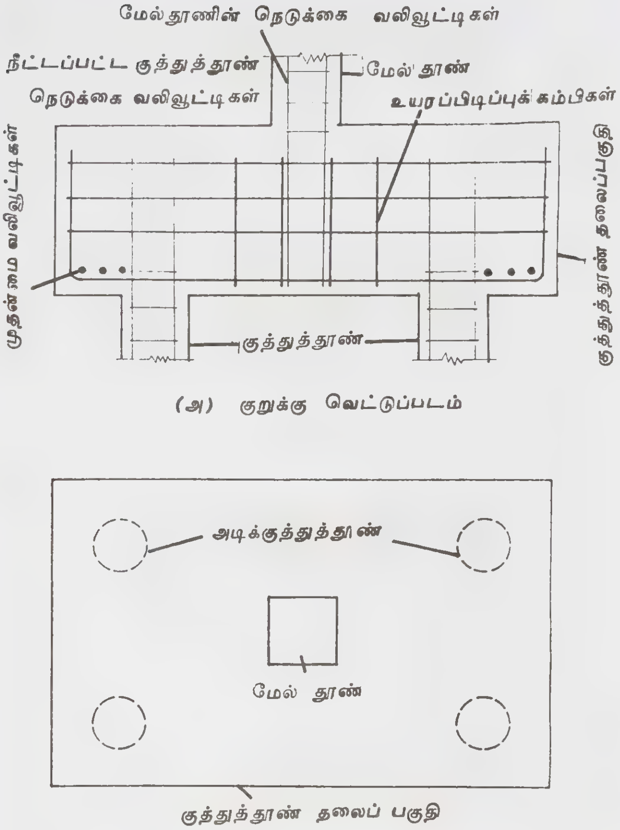
(அ) நெடுக்கை வெட்டுப்படம்

(ஆ) சதுரக் குத்துத்தூண்

(இ) எண்பக்கக் குத்துத்தூண்

குறுக்கு வெட்டுப்படம்

படம் 10. முன்வார்ப்புக் கற்காரைக் குத்துத்தூண்



(அ) குறுக்கு வெட்டுப்படம்

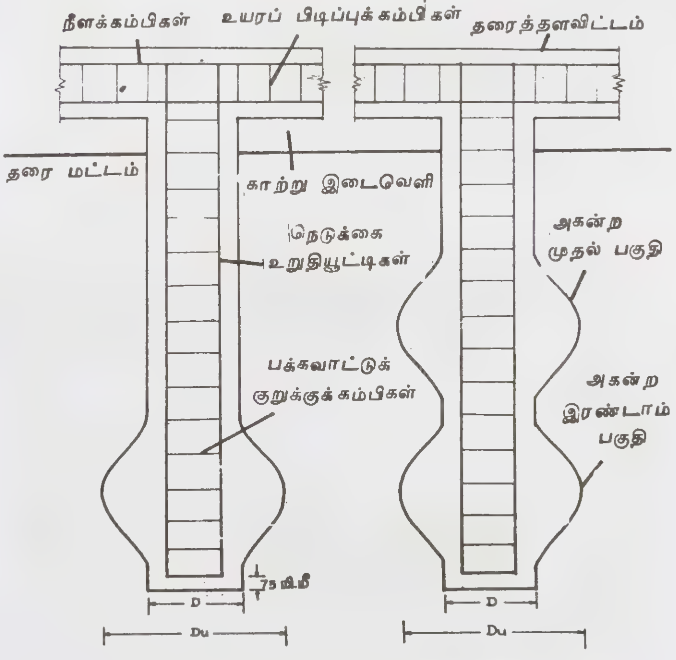
(ஆ) தளப்படம்

படம் 11. குத்துத்தூண் தலைப்பகுதி வலிவூட்டிகளின் அமைவுப்படம்

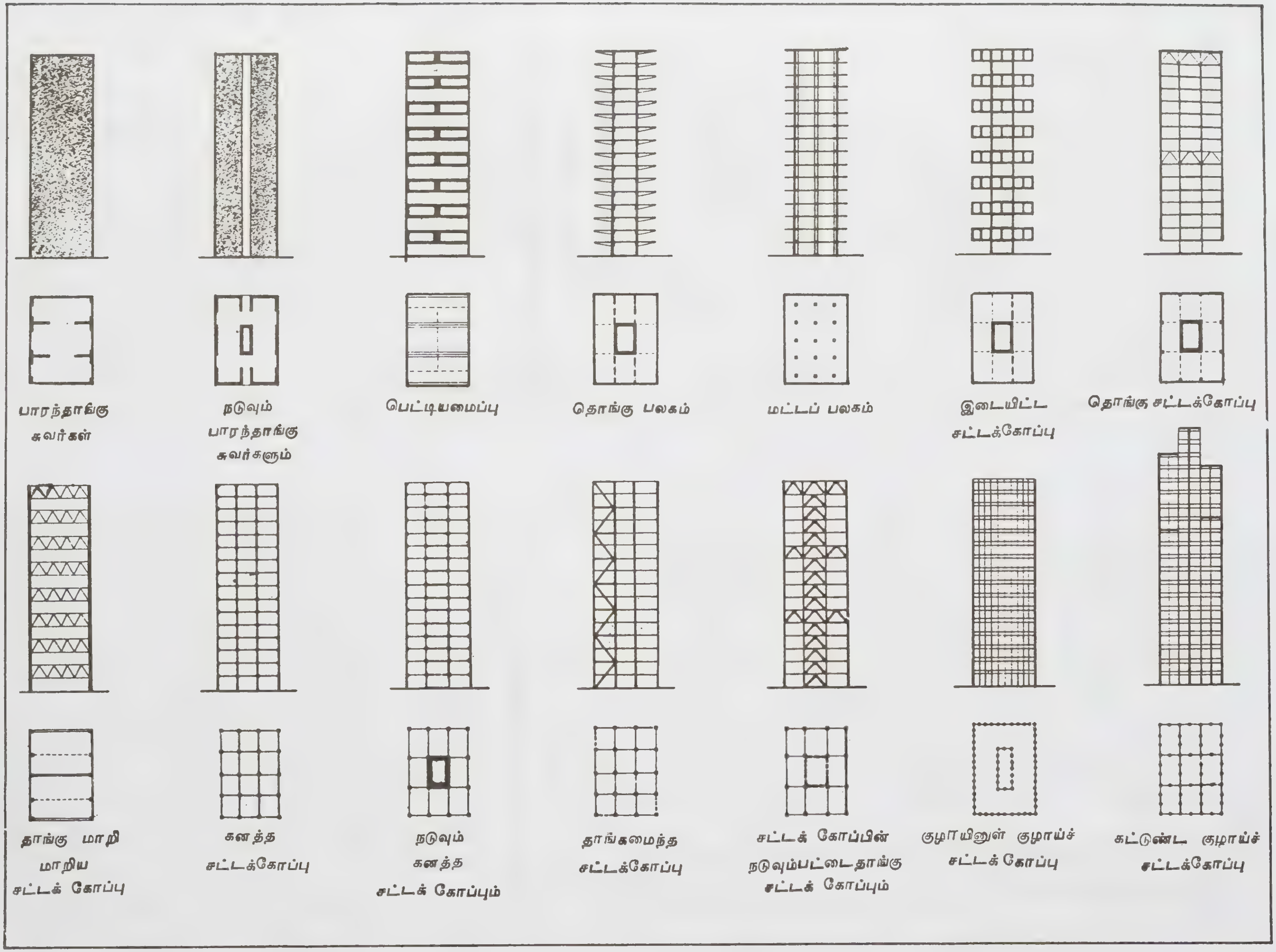
வேண்டும். 4 நிலத்தூண்கள் கொண்ட மேல்தலை ஒன்றில் வலிவூட்டிகளின் அமைவு படம் 13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குமிழ் நிலத்தூண்கள் (under-reamed piles). குமிழ் நிலத்தூண்கள் கட்டக அமைப்பில் நிலத்தூண் களை ஒத்தவை. மேலும் தூணின் அடிப்பக்கத்தில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குமிழ்கள் இணைந் திருக்கும். இந்நிலத்தூண்களின் குறுக்குப் பரப்பில் 0.4 %க்குக் குறையாத நெடுக்கை வலிவூட்டிகளும், (10 மி.மீ கம்பிவிட்டத்திற்கும் குறையாத அள வுடையவை) 6 மி. மீ. க்குக் குறையாத கம்பி விட்ட அளவு உடைய குறுக்குக் கட்டுக் கம்பிகளும் (300 மி. மீ இடைவெளிக்கு மேற்படாதவை) அமைய வேண்டும்.

இவ்வாறே நிலத்தூண்களை இணைக்கும் தரை மட்ட விட்டங்களில் மிகக் குறைந்தது 3 எண்ணிக்கை உடைய 10 மி.மீ. கம்பி விட்ட அளவு கொண்ட நெடுக்கை வலிவூட்டிகளையும், 6 மி.மீ குறையாத விட்டமுள்ள குறுக்குக் கட்டுக் கம்பிகளையும் (300 மி.மீ இடைவெளியில்) அமைக்கவேண்டும். இவ்வுறுதி



படம் 12. அடியகன்ற குழித்தூண்கள்



படம் 13. பொதுவான பலமாடிக் கட்டட வடிவமைப்புகள்

யூட்டிகளின் அமைவு படம் 12 இல் தெளிவாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

சட்டகங்கள். (framed structures) கட்டகப் பொறியியலின்படி, அகல உயரங்களோடு ஒப்பிடும் போது நெடுக்கை நீளம் பன்மடங்காக ஒரே இணை அச்சிலோ ஈரிணை அச்சிலோ இருக்கும். கட்டுறுப்பு சட்டகமெனப்படும். பாரந்தாங்கு சுவர் மாடிக் கட்டடங்கள், வலிவூட்டுங்கற்காரைச் சட்டகங்கள், எஃகு சட்டகங்கள். கலப்பினக் கட்டமைப்புகள் என வழக்கிலுள்ள கட்டகங்களை நான்கு வகை களாகப் பிரிக்கலாம்.

மூன்று அல்லது நான்கு மாடிகளுடைய கட்டடங்களைப் பாரந்தாங்கு சுவர்களைக் கொண்டு கட்டுவது எளிதாகவும் சிக்கனமாகவும் அமையும். நான்கு முதல் ஆறு மாடிகள் கொண்ட கட்டடங்களுக்குச் சுற்றுப்புறச் சுவர்களை மட்டும் பாரந்தாங்கு சுவர்களாகவும் உட்புறத்தில் சட்டக அமைப்பு கொண்டதாகவும் உடைய கலப்பினக் கட்டமைப்புகள் பொருத்தமானவை. ஆறு மாடி களுக்கு மேலுள்ள கட்டடங்களுக்கு வலிவூட்டுக் கற்காரைச் சட்டகங்கள் அல்லது எஃகு சட்டகங் கள் சிறந்தவையாக அமையும்.

- அ. வீரப்பன்

எஃபிமெராப்டிரா

குறை வளர் உருமாற்றப் பூச்சி வரிசைகளுள் எஃபிமெராப்டிராவும் (ephemeroptera) ஒன்று. இதனை எபிமெரிடே (ephemeridae) எனவும் குறிப்பிடுவதுண்டு. இவ்வரிசையைச் சேர்ந்த பூச்சிகள் யாவும் சிறிய அல்லது நடுத்தர அளவுடைய பூச்சி களாகும். இப்பூச்சிகளின் வாழ்க்கைச் சுற்று நீரிலும், நிலத்திலும் நடைபெற்று முடிவடைகிறது. இவ் வரிசைப் பூச்சிகளைப் பொதுவாகக் கார்ப்பூச்சிகள் (may flies) என்று குறிப்பிடுவர்.

எபிமெராப்டிரா வரிசையில் சுமார் 1500 இனங்கள் உள்ளன. வரிசை எபிமெராப்டிரா மூன்று மேல் குடும்பங்களாகப் (super family) பிரிக்கப் பட்டுள்ளது. அவை மேல் குடும்பம் எஃபிமெராய் டியா, பேட்டாய்டியா, சிஃப்லுராய்டியா ஆகும்.

இப்பூச்சிகள் மிக மென்மையான உடலும், மெல்லிய, சிறிய உணர் நீட்சிகளும் பெற்றுள்ளன. இவற்றின் உடலைத் தலை, மார்பு, வயிறு என்னும் மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். உணர்நீட்சிகள் சிறியவை: அடிக்கரணை பெரியது; உறுதியானது; ஏனைய கரணைகள் சிறியவை; மென்மையானவை. தலையில் இணையான மிகப்பெரிய கூட்டுக் கண்கள் காணப்படுகின்றன. சில உயிரிகளில் ஒவ்வொரு கூட்டுக் கண்ணும் அகன்று இரு பெரும் பகுதிகளாக உள்ளது. அதனால் இப்பூச்சிகள் தலைப்பாகை அணிந்துள்ளது போலத் தோன்றும். மேல் பகுதியில் காணப்படும் தனிக் கண் பகுதிகள் பெரிய, குறுகிய கோணத்தை யுடையனவாகவும், கீழ்ப்பகுதியில் காணப்படுபவை சிறிய, அகன்ற கோணத்தை உடையனவாகவும் அமைந்துள்ளன.

இப்பூச்சிகளின் வாயுறுப்புகள் வளர்ச்சியடை யாமல், எஞ்சிய உறுப்பாக (vestigeal organ) உள்ளன. இவ்வுறுப்புகளால் பூச்சிக்கு எவ்விதப் பயனும் இல்லை. ஏனென்றால் நிறையுயிரி நிலையில் இப்பூச்சிகள் உணவு எடுத்துக் கொள்வதில்லை. சில எபிமெராப்டிராப் பூச்சிகளில் வாயுறுப்புகளே இல்லை.

மார்புப் பகுதி மூன்று கண்டங்களாலாகியது. முன் மார்புக் கண்டம் சிறியது. நடு மார்புக் கண்டம் அகன்று குவிந்து காணப்படுகிறது. கடை மார்புக் கண்டம் குறுகியது. கடை மார்புக் கண்டம், வயிற்றுக் கண்டங்களைப் போன்ற அமைப் புடையது. இப்பூச்சிகளின் இறக்கைகள் ஒத்த அமைப்புடையவை; இணையானவை; மெல்லிய படலம் போன்ற அமைப்புடையவை. இவ்விறகுகளில் எண்ணற்ற நீளவாட்டக் குறுக்குவாட்ட இரத்தக் குழாய்கள் உள்ளன. பின் இறகுகள் முன் இறகு களைவிட அளவில் சிறியவை. சிலவற்றில் இறகுகள் இல்லை. இப்பூச்சிகளின் கால்கள் மெல்லியவை. சில ஆண்பூச்சிகளின் கால்கள் மிக நீளமாகவுள்ளன. வயிற்றுப் பகுதி மிகவும் மென்மையானது. பதினோராம் வயிற்றுக் கண்டத்திலிருந்து ஓர் இணையான மெல்லிய இழைபோன்ற நீண்ட மலப் புழைக் காம்புகள் வளர்ந்துள்ளன. இவற்றிற்கு நடுவில் மெல்லிய நீண்ட வாலிழை ஒன்று வளர்ந் துள்ளது. வயிற்றின் பின்முனையில் காணப்படும் இந்த மூவிழை அமைப்பு இப்பூச்சிகளின் தனிப் பண்பாகும்.

இப்பூச்சிகளின் வாயுறுப்புகள் முழு வளர்ச்சி அடையாமையால் செரிமான மண்டலத்தில் உணவுச் செரிமானம் நடைபெறுவதில்லை. செரிமான மண்டலம் வளிமம் நிரப்பப்பட்ட காற்றறையாகி, பூச்சி பறக்கும்போது, சமநிலைப்படுத்தும் உறுப் பாகப் (aerostatic apparatus) பயன்படுகிறது. இவற்றின் செரிமான மண்டலம் காற்றை உட் செலுத்தவும் கட்டுப்படுத்தவும் ஏற்ற பல சிறப்பான மாறுதல்களைக் கொண்டுள்ளது. இப்பூச்சிகளின் தொன்மையான பின் பகுதியில் வளர்ந்துள்ள திசுக்கள், காற்று உள்ளே செல்லும் பாதையைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. தேவைப்படும்போது காற்று உள்ளே நுழைய இத்திசுக்கள் வழிவிடும்; பிறகு காற்று உள்ளிருந்து வெளிவாராவண்ணம் மூடிக்

கொள்ளும். அடுத்துக் காணப்படும் உணவுக்குழாய் சுற்றுத் தசைகளால் மிகவும் குறுகியுள்ளது. அடுத்துள்ள நடுக்குடல் பகுதி, சுரப்பிகளற்ற, தசைகளற்ற மெல்லிய சுவருடையது. இது உள்வரும் காற்றினால் பெருத்துக் காற்றறையாக மாறிக் காற்றில் பூச்சி மிதக்க உதவும். நடுக்குடல் பகுதிக்குச் செல்லும் காற்றின் அளவை உணவுக்குழாய்த் தசைகள் கட்டுப்படுத்தும். மலக்குடலின் முன்பகுதி சிக்கலான வால்வாக மாறிக் காற்றறையில் உள்ள காற்று வெளியேறாத வண்ணம் குடலை அடைத்துக் கொள்ளும்.

நன்கு வளர்ச்சியடைந்த மால்பீஜியன் நுண் குழாய்கள் 40 முதல் 100 வரை உள்ளன. நரம்பு மண்டலம் பதினோரு நரம்புச் செல் திரள்களைக் கொண்டுள்ளது. மூச்சுமண்டலம் சிறப்பாக அமைந்துள்ளது. இரண்டு மார்புக் கண்ட சுவாசத் துளைகளும் எட்டு வயிற்றுக் கண்ட சுவாசத்துளைகளும் உள்ளன. நீண்ட ஒன்பது அறைகளைக் கொண்ட இதயம் உள்ளது. இனப்பெருக்க மண்டலம் சிறப்பாக அமைந்துள்ளது. ஆண், பெண் ஆகிய இருபால் உயிரிகள் காணப்படுகின்றன. இனச் செல் உறுப்புகளும் அவற்றின் நாளங்களுமே உள்ளன. ஏனைய துணை உறுப்புகளும், சுரப்பிகளும் இல்லை; பெண் உயிரிகளில் இரண்டு சினையகங்களும், இரண்டு சினையணு நாளங்களும் காணப்படுகின்றன. ஆண் உயிரிகளில் நீண்ட பை போன்ற விந்தகங்களும் உள்ளன. விந்து நாளங்களும் உள்ளன. இணையாக அமைந்த கலவியுறுப்புகள் காணப்படுகின்றன. ஆண் உயிரிகளில் 9 ஆம் கண்டத்தில் கிடுக்கிபோன்ற ஓர் இணைக் கலவி நீட்சிகள் உள்ளன.

முழு வளர்ச்சியடைந்த நிறையுயிரிகள் ஒரு சில மணி நேரமே உயிருடன் இருக்கும். இவற்றால் உணவு உட்கொள்ள முடிவதில்லை. இவை காற்றை மட்டுமே உள்ளிழுத்துக் கொள்பவை. லார்வா நிலையிலிருந்து நிறையுயிரிப் பூச்சியாக மாறியவுடன் இவை உயரப் பறக்கின்றன. இந்தக் கலவிப் பயணத்தின் (nuptial flight) போது ஆண், பெண் பூச்சிகள் இணைகூடுகின்றன. இனச்சேர்க்கை நொடிப் பொழுதில் நடைபெற்றுவிடும். கலவி நடைபெற்ற சிலமணி நேரங்களில் பெண் உயிரி முட்டையிடத் தொடங்குகிறது. ஒரு பெண்பூச்சி ஏறத்தாழ 5000 முட்டைகள் இடுகிறது. முட்டைகளின் நிறம், உருவம், அளவு ஆகியவை இனத்திற்கு இனம் பெரிதும் மாறுபடுகின்றன. பெண் பூச்சிகள் நீர் நிலைகளில் தாழ்வாகப் பறந்து சென்று நீரின் மேற்பரப்பில் முட்டையிடுகின்றன. சில எபிமெராப்டிராப் பூச்சிகளில் முட்டைகள் தாயின் உடலினுள் பொரிக்கப்பட்டு, வேற்றிளரிகளாக நீரின் மேல் இடப்படுகின்றன.

இளவுயிரிகளில் மலப்புழைக் காம்புகள் உள்ளன. இக்காம்புகள் நீண்டு வளர்ந்து, பல கண்டங்கள்

பெற்றுள்ளன. இவை இணை இணையாகக் (paired) காணப்படும். உடலின் இறுதியில் நீண்ட வாலிழைகள் காணப்படும். இந்த வாலிழைகளும், நீண்ட காம்புகளும் வேற்றிளரி நீந்தும்போது திசை திரும்பப் பயன்படுகின்றன. இவற்றிக்கு நடக்க உதவும் கால்கள் உள்ளன. இக்கால்கள் மண்ணில் குழி தோண்டவும், பொருள்களைப் பற்றிப் பிடித்துக் கொள்ளவும் உதவுகின்றன. வாயுறுப்புகள் கடித்து மெல்லும் வகையைச் சார்ந்தவை. லார்வாக்களுக்குப் பெரிய கூட்டுக் கண்கள் உள்ளன. செரிமான மண்டலம் ஒரு நீண்ட குழாய்போல உள்ளது. எண்ணற்ற மால்பீஜியன் நுண்குழாய்கள் உணவுப் பாதையுடன் இணைந்துள்ளன.

இவற்றின் வேற்றிளரிகள் ஏறத்தாழ 23 முறை தோலுரிக்கின்றன. அதாவது 23 இளவளர் நிலைகளில் (instar) வளர்ச்சி நடைபெறுகிறது. இளவுயிரிப் பருவம் ஓராண்டு முதல் இரண்டாண்டுக் காலம் வரை நீடிக்கிறது. இறுதியில், சிறிய இணையுறுப்புகளும், தெளிவற்ற இறக்கைகளும் கொண்ட ஒரு முற்றுப்பெறாத (Sub imago) உயிரி தோன்றுகின்றது. இந்த முற்றுப்பெறாஉயிரி நீரின் மேற்பரப்பிற்கு வந்து பின் மீண்டும் ஒருமுறை தோலுரிக்கும் நிறையுயிரிப் பூச்சியாக மாறிப் பறக்கும்.

மாலைப் பொழுதில் வெளிவரும் நிறையுயிரிப் பூச்சிகள், காற்றை உட்கொண்டு, உயரப் பறந்து கலவிப் பயணம் சென்று இணைகூடிப் பொழுது புலர்வதற்குள் ஆண்கள் மட்டும் இறந்து போகின்றன.

கருவுற்ற பெண் பூச்சிகள் சில மணித்துளிகள் உயிருடன் இருந்து, நீர் நிலைகளில் முட்டையிட்ட பின்னர் இறந்துவிடும்.

இந்தக் கார்ப்பூச்சிகள் இரவு நேரத்தில் விளக்குகளைச் சுற்றிப் பறப்பதைக் காணலாம். மழைக் காலங்களில் இவை மிகுதியாகக் காணப்படும். இப்பூச்சிகள் பச்சை அல்லது பழுப்பு நிறத்தில் காணப்படும். இறக்கைகளின் அமைப்பைக் கொண்டும். நீண்ட மலப்புழைக் காம்புகள், வாலிழைகள் இவற்றின் அமைப்பைக் கொண்டும் இப்பூச்சிகளை எளிதாகக் கண்டறியலாம்.

எஃபிமெரா என்னும் இனத்தைச் சேர்ந்த பூச்சி இந்தியாவில் காணப்படுகிறது. க்ளோயன் கார்ப்பூச்சிகளின் வளர்ச்சிப் பருவம் நீரில் நடைபெறுவதால், இவற்றின் இளவுயிரிகள் நீரில் வாழும் மீன்களுக்குச் சிறந்த உணவாகின்றன.

- அ. ஷேக் அப்துல்லா

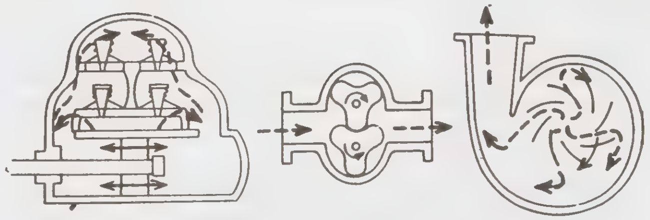
எக்கி

கிணற்றின் ஆழத்திலிருந்து நீரை மேலேற்றும் விசைக் கருவி எக்கி (pump) எனப்படுகிறது. குழாய்களினுள் செல்லும் நீர்மங்களுக்கு ஆற்றலூட்டி, தொடர்ச்சியாக உந்தித் தள்ளிக்கொண்டிருக்கும் எந்திரங்களே எக்கிகள் எனவும் வரையறுக்கலாம். இவை நீரையோ நீர்மங்களையோ மேலே ஏற்றும் வகையாக மட்டும் இருப்பதில்லை. ஒரே மட்டத்தில் குழாய்கள் மூலமாக நீர்மங்களை நெடுந்தொலைவுக்குத் தள்ளிக் கொண்டு செல்லும் வகையாகவோ குழாய்களில் நீரைச் செலுத்துவனவாகவோ இருக்கலாம்.

சுழல் இயக்க எக்கி (roto dynamic pump). மைய விலக்கு விசையுடன் இவை ஓர் அச்சில் சுழலும் அமைப்புடையன. அச்சில் பொருத்தியுள்ள உந்துருளி (impeller) மைய விலக்கு விசையால் (centrifugal force) நீரை உந்தித் தள்ளுகிறது. நீர் மூடிய அறைக்குள் இருப்பதால், இவ்வியக்க ஆற்றல் நீர் அழுத்தமாக மாறி, குழாய் மூலம் நீரை ஏற்ற உதவுகிறது. இதனால் ஏற்படும் வெற்றிடத்திற்குக் கீழிருக்கும் நீர் மேலே உறிஞ்சப்படுகிறது. இவ்வகை, மையவிலக்கு எக்கி எனப்படும்.

இயக்கி. எக்கிகளை இயக்கப் பொதுவாக மின்னோடிகள் (motor) அல்லது மின் இயக்கிகள் பயன்படுகின்றன. மின்னிணைப்பு இல்லாத இடங்களில் டீசல் பொறிகளைப் பயன்படுத்தலாம். இயக்கிகள் குறைந்த பளுவில் அடக்கமாக இருப்பதால் எக்கிகளுடன் ஒரே கூட்டில் அல்லது உறையில் இணைத்து எந்த மட்டத்தில் வேண்டுமானாலும் அவற்றை வைக்கலாம். மேலும் மின்னாற்றலை கம்பிகள் மூலம் கொண்டு செல்வதால் மின்னோடிகள் எங்கிருந்தாலும் அவை எளிதில் எட்டக் கூடியவையாக அமையும். மாறாக டீசல் பொறிகள் பளுமிக்கவையாக இருப்பதால் நிலையாக அவற்றை ஓரிடத்தில் வைத்துக்கொண்டு கச்சைகள் (belts) மூலமாகவே எக்கிகளை இயக்கலாம். பொதுவாக மின்னிணைப்பு எக்கிகள் டீசல் பொறி எக்கிகளைவிடச் சிக்கனமாக இருக்கும்.

பலகட்ட எக்கி (multistage pump). ஓர் உந்துருளி நீர்மத்தைத் தள்ளும் உயரமானது அதன் விட்டம் வேகம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது. அதற்கு மேலும் அதிக உயரம் தள்ளவேண்டுமானால் ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட உந்துருளிகளை அச்சுத்தண்டில் (shaft)ஏற்றி, ஒவ்வோர் உந்துருளை வழியாகவும் நீர் நுழைந்து செல்லுமாறு எக்கி அமைக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டு: மலையுச்சிக்கு நீரை ஏற்றுதல் அல்லது கிலோமீட்டர் கணக்கில் தொலைவான இடத்திற்கு நீர், எண்ணெய் போன்றவற்றைக் கொண்டு செல்லுதல். ஓர் உந்தி பதினைந்து மீட்டர் உயரம் தள்ளுமானால் மூன்று கட்ட எக்கி ஏறத்தாழ நாற்பத்தைந்து மீட்டர் தள்ளும். இதைப் பலகட்ட எக்கி எனலாம்.



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 1. எக்கி

(அ) முன்பின் இயக்க எக்கி (ஆ) சுழல் எக்கி (இ) மையவிலக்குவிசை எக்கி

குழாய்க் கிணறு எக்கி. குழாய்க் கிணறுகளுக்கான எக்கிகள் குழாய் அளவை மீற முடியாமையால் தனித்தன்மை உடையனவாக உள்ளன. இவற்றிலும் மைய விலக்கு முறைதான் கையாளப்படுகிறது; எனினும் சுழலுந்தின் விட்டம் மிகக்குறைவாக இருப்பதால் ஒரு படியில் ஏறத்தாழ நான்கு அல்லது ஐந்து மீட்டருக்கு மேல் நீரேற்ற முடியாது. ஆகவே குழாய்க் கிணறுகளில் பலகட்ட எக்கிகள் தவிர்க்க முடியாதவையாகும்.

ஆழம் மிகுதியாக இருப்பதால் எக்கிகளை நீரில் அழுத்தியவாறே வைத்து, வெளியேற்றுங் குழாயில்

தொங்கவிடலாம். மின்னோடிகளைத் தரை மட்டத்திலேயே வைத்து, அச்சுத்தண்டுகளை வெளியேற்றுங்குழாய் நடுவில் எடுத்துச் சென்று எக்கிகளை இயங்க வைப்பது ஒரு முறையாகும். ஆனால் தற்போது நீர்மூழ்கு மின்னோடிகள் நன்கு செயல்படுவதால் நீரமுழ்த்தி மின்னோடிகளையும் எக்கியையும் ஒரே இணைப்பாகக் கிணற்றில் இறக்கி விடலாம். மின்னோடி அடிப்பகுதியிலும், வெளியேற்றுங் குழாயுடன் எக்கி மேல் பகுதியிலும் அமையும். மின்னாற்றலைக் கொண்டு செல்லும் கம்பிகளுக்குப் போதுமான இடைவெளி இருக்கும். இம்முறை பரவலாகி வருகிறது. அகன்ற கிணறுகளுக்குக்கூட இதைப் பின்பற்றலாம்.

கை எக்கி (hand pump). கை எக்கிகள் பெரும்பாலும் குழாய்க் கிணறுகளிலேயே இடம்பெற்றாலும் இவை வேறு உத்திகளைக் கொண்டவை. இவற்றில் சுழலி (rotor) எதுவும் இல்லை. ஓர் உருளைக்குள் (cylinder) மேலும் கீழும் போய்வரும் உந்து (piston) தேவையான பணியைச் செய்கிறது. இதில் ஒருவழிக் கட்டுப்பாட்டிதழ் (oneway valve) உந்து கீழே இறங்கும்போது நீரை மேலே செலுத்துகிறது, மீண்டும் உந்து மேலே ஏறும்போது நீரைக் கீழே விடாமல் மேலே தள்ளுகிறது. இந்த இயக்கம் தொடர்ந்து நடைபெறும்போது நீர் இறைக்கப் படுகிறது. குறைவான ஆழம் உள்ள கிணற்றில் நீர் போதுமானதாக இருக்கும்போது இதன் பயன் கூடும்.

நிறுவுதல். மையவிலக்கு எக்கிகளை நிறுவும் போது கீழ்க்காணும் கருத்துகளைக் கொள்ள வேண்டும்.

உறிஞ்சு குழாயின் அடிநுனியில் ஒரு கீழ்க் கட்டுப்பாட்டிதழ் (foot valve) இருக்க வேண்டும். எக்கி இறைக்கத் தொடங்கும்போது அது நீர்மத்தால் நிரப்பப்பட்டிருக்க வேண்டும். கீழ்க் கட்டுப் பாட்டிதழ் இல்லாமல் இது நடைபெறுவதில்லை. வெளியேற்றுங் குழாயில் ஒரு தாழ் கட்டுப்பாட்டிதழ் (gate valve) இருத்தல் நன்று. குழாயில் ஓட்டம் முழுதுமாக தடுக்கப்படும்போது மின்னோடியின் மேல் குறைந்த பளு இருக்கும். இயங்கத் தொடங்கும போது மிகு வலிமை தேவைப்படுவதால் அப்போது மூடிவைத்துள்ள தாழ் கட்டுப்பாட்டிதழைத் திறந்து விட வேண்டும். இதுபோல் நிறுத்தும்போதும் திடீரென்று எக்கியைத் தாக்காமல் இருக்க அடைப்பானை மூடிவிட்டு நிறுத்தவேண்டும்.

எக்கிகளின் மட்டத்திற்குக் கீழ் நீரின் ஆழம் ஏறத்தாழ 7.50 மீட்டருக்கு மேல் இருக்கக்கூடாது. இந்த ஆழம் குறையக்குறைய நீரின் இறைப்பு பெருகும். அதாவது எக்கியின் திறன் மிகும். உறிஞ்சு குழாயின் நீளம், அளவு குறைவாக இருக்க வேண்டும். இக்குழாயில் குறுகிய ஆரமுடைய வளைவுகளைத் தவிர்த்தல் வேண்டும்.

தேர்ந்தெடுத்தல். ஓர் எக்கியை வாங்குவதற்கு முன்னர் நீர் ஏற்ற வேண்டிய உயரத்தை அளவிட வேண்டும். இதனுடன் உராய்வுக்கு ஈடுகட்ட ஏறத்தாழ நான்கில் ஒரு பங்கைக் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும். இறைக்கும் நீர் பொதுவாக வேளாண்மைக்கு நொடிக்கு எட்டு லிட்டரும், வீட்டின் குடி நீர்த் தொட்டிக்கு நொடிக்கு ஒன்று முதல் இரண்டு லிட்டரும் போதும். இதற்கேற்றவாறு எக்கிகளைத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். ஒரே ஆற்றலுடன் பல வித எக்கிகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் பொருத்தமான எக்கியைப் பயன்படுத்தும்போதுதான் அது உயர்ந்த திறனுடன் வேலை செய்து சிக்கனத்தைக் கொடுக்கும்.

- எம். கே. நடராசன்

எக்கிட்னா

பாலூட்டிகளில் எக்கிட்னா (echidna), பிளாட்டிப்பஸ் (platypus) ஆகிய இரண்டும் முட்டையிடுபவை. இவை ஆஸ்திரேலியா, நியூகினியா, டாஸ்மேனியா ஆகிய பகுதிகளில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. எக்கிட்னா கூர்முள் எறும்புண்ணி என்றும், கூர்முள் முள்ளம்பன்றி என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது.

வறண்ட பாலைவனம், காடு, சமவெளிகள், மலைப்பகுதி போன்ற பலவகை வாழிடங்களில் எக்கிட்னா பரவியுள்ளது. பொதுவாகத் தனித்து வாழ்கிறது. ஓய்வு நேரங்களில் பாறை இடுக்குகளிலும் மரப்பொந்துகளிலும் பதுங்கிக் கொள்கிறது. இது 60 செ.மீ. நீளமும் 5-7 கி.கி, எடையும் கொண்டது. இதன் பருத்த உடலில் கூர்முள்கள் நீட்டிக்கொண்டுள்ளன. கூர்முள்களின் அடிப்பகுதி மஞ்சளாகவும், நுனிப்பகுதி கறுப்பாகவும், சிலவற்றில் முற்றிலும் மஞ்சளாகவும் இருக்கும். கூர்முள்கள் தற்காப்புக்கு உதவுகின்றன. முள்களுக்கிடையில் ஆங்காங்குப் பரவலாக மயிர் காணப்படுகின்றது.

உடலின் கீழ்ப்பக்கத்தில் முள்கள் இருப்பதில்லை, மயிர் மட்டுமே உள்ளது. கழுத்துப் பகுதி தனித்துத் தெரிவதில்லை; காதுகள் சிறியவையாக இருப்பதால் வெளியில் தெரிவதில்லை. முகத்தின் முன்புறம் அலகு போல நீண்டுள்ளது. இந்நீட்சியின் அடிப்பகுதியில் தலையில் சிறிய கண்களும், நுனியில் மூக்குத் துளைகளும், சிறிய வாயும் அமைந்துள்ளன. தட்டையான பருமனான கால்களின் விரல் நுனிகளில் நீளமான,

வலிவான கூர்நகங்கள் அமைந்துள்ளன. இவை மிக விரைவாகத் தரையைத் தோண்டுவதற்குப் பயன் படுகின்றன. இடையூறு ஏற்படும்போது தரையைத் தோண்டி தலைகீழாகப் பதுங்கிக் கொள்வதால் கூர்முள்கள் மட்டும் வெளியில் நீட்டிக் கொண்டிருக் கின்றன. எக்கிட்னா, மிக விரைந்து ஓடும் இயல் புடையது; மரங்களில் நன்றாக ஏறக்கூடியது இதற்குக் குட்டையான வால் உண்டு.

எக்கிட்னா, எறும்பு, கறையான்களை மட்டுமே உணவாகக் கொள்கிறது. அதன் நீண்ட, பசைத் தன்மையுடைய நாக்கின் உதவியால் கறையான் களை ஒற்றியெடுத்துக்கொள்ளும். வாயின் மேற் கூரையிலும், நாக்கின் அடிப்பகுதியிலுமுள்ள கூர் முள்களின் உதவியால் எறும்புகளை நசுக்கி விழுங்கி விடுகிறது. விலங்குக் காட்சியகங்களில் வளர்க்கப்படும் எக்கிட்னா பால், இறைச்சி, ரொட்டி போன்றவற்றை உண்ணும். உணவின்றி எக்கிட்னாவினால் ஒருமாதம் வரை வாழ முடியும்.

எக்கிட்னா ஜூலை முதல் செப்டம்பர் வரை இனப்பெருக்கம் செய்கிறது. பெண் எக்கிட்னா, ஆண்டுக்கு ஒன்று அல்லது இரண்டு முட்டைகளிட்டு, அதன் வயிற்றுப் பகுதியிலுள்ள பை போன்ற தோல் மடிப்பில் வைத்துக்கொள்கிறது. இனப்பெருக்கக் காலத்தில் உண்டாகும் இந்தப் பை பின்னர் மறைந்து விடும். முட்டைகள் சிறியவை; உருண்டையானவை. 10 அல்லது 11 நாள்களில் முட்டை பொரிந்து குட்டி வெளிவரும். குட்டிக்குக் கூர்முள்கள் வளரும் வரை ஏறக்குறைய இரண்டரை மாதத்துக்குத் தாய் அதைத் தன் பையினுள் வைத்துப் பாதுகாக்கிறது. குட்டி, தாயின் மார்பகத் துளைகள் வழியே வழியும் பாலை நக்கிக் குடிக்கிறது. குட்டிக்குக் கூர்முள்கள் வளர்ந்தபின்னர், தாய் அதை ஒரு பொந்துக்குள் விட்டுவிடும்: இரண்டு நாள்களுக்கொருமுறை உணவைக் கொண்டு வந்து ஊட்டும். குட்டி பிறந்து ஏறக்குறைய 3 மாதங்களுக்குப் பின்பு அது பிரித்து விடப்படுகிறது. ஒரு வயதாகும்போது குட்டி இன முதிர்ச்சியடைகிறது.

எக்கிட்னா, ஏறக்குறைய 50 ஆண்டுகள் உயிர் வாழும். சூழ்நிலையின் வெப்பநிலை 35°C க்கும் மேலாக உயரும்போது எக்கிட்னா, செயலற்ற நிலையை அடைகிறது. 38°C வெப்பநிலையில் அது இறந்துவிடும். ஆனால் பாலைவனங்களின் மர நிழல் களில் வெப்பநிலை 49° C ஆக இருக்கும்போது. தரையில் தோண்டப்பட்ட குழியிலோ குளிர்ச்சியான குகைகளுக்குள்ளேயோ பதுங்கிக் கொள்கிறது.

எக்கிட்னாக்களில் இரண்டு பொதுவினங்கள் உண்டு. டாக்கிகிளாசஸ் பொதுவினத்தைச் சேர்ந்த இரண்டு சிறப்பினங்கள் ஆஸ்திரேலியாவிலும் நியூ கினியிலும் காணப்படுகின்றன. டாஸ்மேனியாவில்

எக்கிட்னா

காணப்படும் சிறப்பினம் சற்று உருவில் பெரியது. இதன் முகவாயும் கூர்முள்களும் குட்டையானவை. நியூகினியில் மட்டுமே காணப்படும் ஜாகிளாசஸ் பொதுவினத்தில் மூன்று சிறப்பினங்கள் உள்ளன. இவற்றின் முகவாய், நாக்கு, கால் ஆகிய உடல் பகுதிகள் டாக்கிகிளாசஸ் பொதுவினத்துச் சிறப்பினங் களில் உள்ளவற்றைவிட நீளம் மிகுந்தவை.

எக்கிட்னா, பாலூட்டிகள் வகுப்பில் முதற் பாலூட்டிகள் (prototheria) துணைவகுப்பில் புழைப்பாலூட்டிகள் (monotremata) வரிசையில் டாக்கிகிளாசிடே என்னும் எக்கிட்னா குடும்பத்தில் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

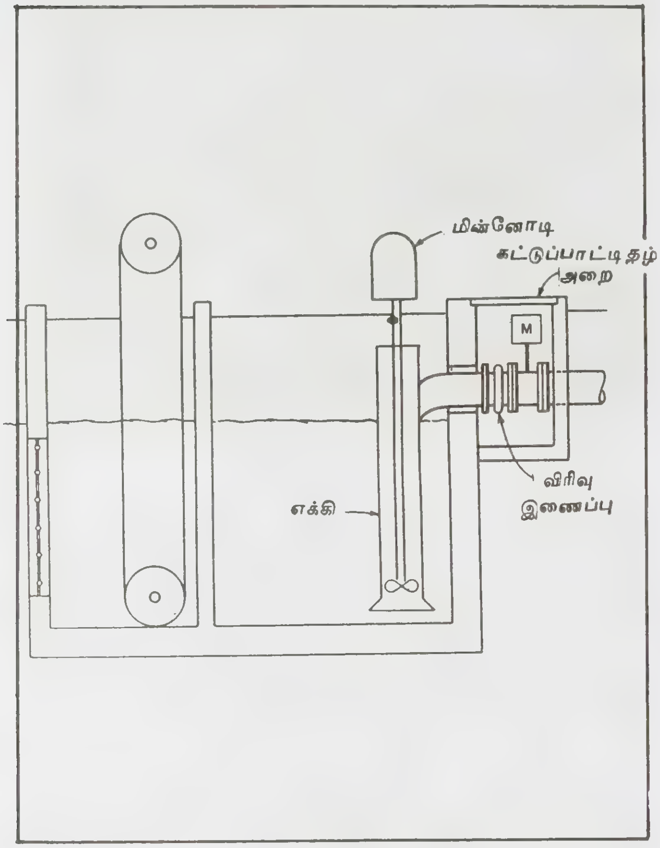
- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

எக்கி மின்னோடி

பொதுவாக இடப்பெயர்ச்சி எக்கிகள் மைய விலக்கு விசை எக்கிகள் என எக்கிகளைப் பிரிக்கலாம். இடப்பெயர்ச்சி எக்கிகளை மேலும் இரு உட்பிரிவு களாகப் பிரிக்கலாம். அவை முன்பின் அசைவு எக்கிகள், சுழற்சி எக்கிகள் என்பன.

இடப்பெயர்ச்சி எக்கி (displacement pump). மாறிலா அழுத்தத்திற்கு எதிராக ஏற்றம் செய்யும் போது இடப்பெயர்ச்சி எக்கிகளின் திறன் அவற்றின் வேகத்திற்கு ஏறக்குறைய நேர்விகிதத்தில் அமையும். அதே சமயம் சுழற்சிக்குத் தேவையான சுழல்விசை ஏறத்தாழ ஒரு மாறிலியாக இருக்கும். இத்தகைய பண்புகள் மின்னோடிகளைத் தேர்வு செய்ய உதவும்.

சுழல்வேக இயக்கமுடைய எக்கிகளுக்கான மின்னோடிகளைத் தேர்வு செய்யும்போது இவ்வியல்புகள் சிறப்புப் பெறுகின்றன.



எக்கியின் அமைப்பு.

இவ்வகை எக்கிகளை இயக்கத் தொடங்கும்போது குறிப்பிடப்பட்ட அழுத்தம் இருக்குமேயானால், தொடக்க காலத்திலும் இவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோடிகள் முழுச் சுழல் விசையை உண்டாக்க வேண்டும். இத்தகைய மின்னோடிகளுக்குக் குறிப்பாகத் தூண்டு மின்னோடிகளுக்கு மிக அதிகமான மின்னோட்டம் தேவைப்படும். இம்மின்னோட்டம் மின்னோடிக்கு அழிவை ஏற்படுத்துமாதலால் இணைக்கப்பட்ட எக்கிக்கு மாற்றுவழி அமைத்து, முழுச் சுழல் வேகம் அடைந்த பிறகு, தேவையான அழுத்தத்திற்கு எதிராக எக்கியை இயங்கும்படிச் செய்வது எளிதாகும்.

மையவிலக்குவிசை எக்கி (centrifugal pump). இவ்வகை எக்கிகளே பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுகின்றன. மையவிலக்கு விசை எக்கிகளுக்குத் தொடக்க காலத்தில் குறைந்த சுழல்விசையே தேவைப்படுகிறது. ஆகையால் மின்னோடிகளைக் கொண்டு இயக்குவதற்கு இவை மிகவும் ஏற்றமுடையவையாகும். தொடக்க நிலையில் குறைந்த சுழல்விசையே தேவைப்படுவதால் இவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோடிகளுக்கும் குறைந்த மின்னோட்டமே போதுமானதாகும். மிகுதிறன் கொண்ட எக்கிகளைப் பொதுவாக வழக்கிலுள்ள கூண்டுவகைத் தூண்டு மின்னோடிகளாலேயே (induction motor) பயன்படுத்த இயலும்.

- க. சண்முகசுந்தரம்

எக்கியூரா

இது கடலடியில் வாழும் ஒருவகைப் புழுக்களின் தொகுதியாகும். எக்கியூரா (echiura) பெரும்பாலும் ஆழம் குறைந்த பகுதிகளிலேயே வாழ்கின்றன. இவை கடலடியில் மணலைத் துளைத்துக் கொண்டோ பாறைப் பவளங்களில் காணப்படும் இடுக்குகளிலோ வாழ்கின்றன. சிலவகை U வடிவக் குழாய்களிலும் வாழ்கின்றன. எக்கியூராக்களில் ஏறத்தாழ நூறு இனங்கள் அறியப்பட்டுள்ளன. இவற்றுள் யூரிக்கிஸ் எக்கியூரஸ் பொனெல்லியா முதலியன குறிப்பிடத் தக்கவை.

எக்கியூராக்கள் புழுவைப்போன்ற உடலையும் முன்பகுதியில் நீண்ட உறிஞ்சுகுழாய் ஒன்றையும் கொண்டுள்ளன. பெரிய, தட்டையான மாறும்

உறிஞ்சு குழாயே உடலின் முன்பக்க நீட்சியாகும். இதன் ஓரங்கள் உட்புறம் வளைந்து குழாய் போன்று உள்ளன. உறிஞ்சு குழாயின் நுனிப்பகுதி விரிந்தும், சிலவற்றில் இரு பிரிவுகளாகப் பிரிந்தும் இருக்கும். இது இவ்விலங்குகளின் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் உணவுப் பொருள்களைச் சேர்ப்பதற்கும் உதவுகிறது. சிலவகை எக்கியூராக்களின் உறிஞ்சுகுழாய் ஒரு மீட்டர் வரை இருக்கும்.

உடலின் வெளிப்புறம் வழவழப்பாகவோ நுண் மயிர் கொண்டதாகவோ உள்ளது. உடலின் முன்புறத்தின் வயிற்றுப் பகுதியில் ஓர் இணை கைட்டினாலான (chitin) வளைந்த மயிர்க்கால் வளையங்கள் உண்டு. எக்கியூராக்கள் சாம்பல், பழுப்பு, பச்சை, சிவப்பு முதலிய வண்ணங்களில் காணப்படுகின்றன.

உறிஞ்சுகுழாயையும், உடலையும் தடித்த தசைகளாலான உடற்சுவர் ஒரு மெல்லிய தோலுறையால் மூடியுள்ளது. உறிஞ்சு குழாயின் உட்பகுதி இணைப்புத் திசுவாலானது. ஆகவே இதனுள் உடற்குழி இல்லை. உடல், உடற்சுவரால் மூடப்பட்ட உடற்குழியைக் கொண்டுள்ளது. இதனுள் உடலின் உள்ளுறுப்புகள் அமைந்துள்ளன. உடற்குழியில் நீர் நிரம்பி உள்ளது.

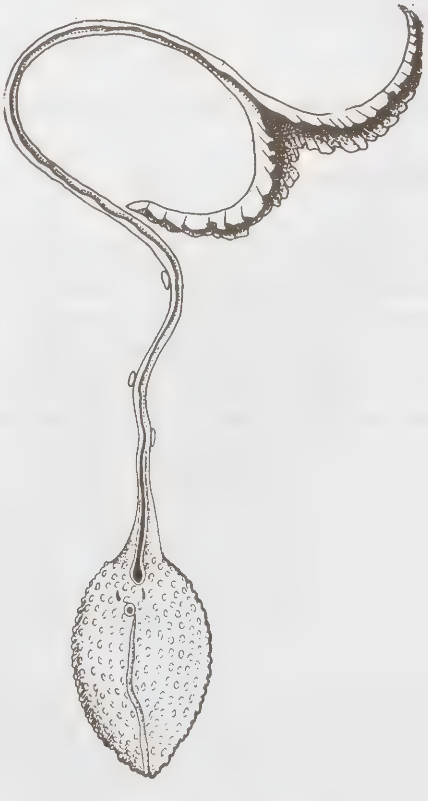
எக்கியூராக்கள் சிறிய கடல் விலங்குகளையும், மண்ணில் உள்ள கரிமப் பொருள்களையும் உண்ணுகின்றன. உணவைத் திரட்ட உறிஞ்சுகுழாய் உதவுகிறது. இவற்றின் வாய் உறிஞ்சுகுழாயின் அடிப்பகுதியில் அமைந்துள்ளது. வாயைத் தொடர்ந்து உணவுக்குழாய், அரைவைப்பை, நீண்டு சுருட்டப்பட்ட குடல் ஆகியவை உள்ளன. குடலின் முடிவில் மலக்குடல் உள்ளது. இது உடலின் பின் நுனியில் உள்ள மலப்புழை வழியே மலத்தை வெளியேற்றுகிறது.

எக்கியூராக்களின் இரத்தச் சுற்றோட்ட மண்டலம் உடலின் மேற்புறத்திலும், அடிப்புறத்திலும் இணையாக ஓடும் இரத்தக் குழாய்களாலானது. இவற்றைப்பக்க வாட்டில் இணைக்கும் குழாய்கள் இதயம் போன்று சுருங்கி விரியும் தன்மையுடையன. இரத்தம் நிறமற்றது; எக்கியூராக்களில் சுவாசத்திற்கெனத் தனி உறுப்புகள் இல்லை. உடற்பரப்பே வளிம மாற்றத்திற்கு உதவுகிறது. சிலவகை எக்கியூராக்களின் உடற்குழி நீரில் சிவப்பணுக்கள் உள்ளன. இவை ஆக்சிஜனைச் சுமந்து செல்ல உதவுகின்றன.

எக்கியூராக்களின் கழிவு நீக்கம், சிறுநீரகக்குழாய்களால் நடைபெறுகிறது. இக்குழாய்களின் எண்ணிக்கை இரண்டு முதல் நூறு வரை இனத்திற்கேற்ப வேறுபடும். இவை உடலில் உள்ள கழிவுகளை நீக்கி உடலின் முன்பகுதியில் உள்ள சிறு நீரகக் குழாய்த் திறப்புகள் மூலம் வெளியேற்றுகின்றன. மேலும் இவற்றின் மலக்குடலின் பக்கவாட்டில் இணைப்பைகள் இணைந்துள்ளன. இவையும் கழிவு நீக்க உறுப்புகளாகச் செயல்படுகின்றன. இவை கழிவுகளைத் திரட்டி மலத்துளை வழியே வெளியேற்றுகின்றன. எக்கியூராக்களில் கண்கள் போன்ற உணர்வுறுப்புகள் இல்லை. நரம்பு மண்டலமும் மிகவும் எளிய அமைப்புடையது. உணவுக்குழாயைச் சுற்றி ஒரு நரம்பு வளையம் உள்ளது. இதிலிருந்து உடலின் பல பகுதிகளுக்கு நரம்புகள் செலுத்தப்படுகின்றன.

எக்கியூரா இருபாலியாகும். ஆண்கள் விந்தணுக்களையும், பெண்கள் முட்டைகளையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. இவை சிறுநீரகக் குழாய்த் திறப்புகள் மூலம் வெளியிடப்படுகின்றன. கருவுறுதல் கடல்நீரில் நடக்கிறது. ஆனால் பெண் பொனெல்லியாவில் கருவுறுதல் சிறுநீரகக் குழாயின் இறுதிப்பகுதியில் நடக்கிறது. இளம் உயிரிகள் கடல்நீரில் வெளிவிடப்படுகின்றன. எக்கியூராக்களின் வளர்ச்சியில் டிரோக்கோஃபோர் எனப்படும் இளவுயிரி நிலை உண்டு. இந்நிலை வளர்ச்சியுற்று, வளர் உருமாற்றமடைந்து நிறை உயிரி எக்கியூராவாக மாறுகிறது.

பொனெல்லியாவின் பால் வேற்றுமைகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. இவற்றில் ஆண்கள் மிகவும் சிறியவை. 1-3 மி.மீ. நீளமேயிருக்கும். இவற்றுக்கு



பொனெல்லியா

உறிஞ்சுகுழாய் இல்லை. இனப்பெருக்க உறுப்புகள் தவிர ஏனைய உள்ளுறுப்புகள் வளர்ச்சி அடைய வில்லை. ஆண்கள் பெண் பொனெல்லியாவின் உட லுக்குள்ளேயே வாழ்கின்றன. பெண் பொனெல்லி யாக்கள் ஒரு மீட்டர் நீளம் கூட வளரும். அனைத்து உறுப்புகளும் அமைந்துள்ளன.

பொனெல்லியாவின் பால் உறுதி குறிப்பிடத்தக்க தாகும். இவை முட்டையிடாமல், இளம் உயிரிகளை வெளியிடும். கடல் நீரில் இடப்பெற்ற இளவுயிரிகள் பிற பெண் பொனெல்லியாவின் அருகில் வரும்போது கவரப்பட்டு, அவற்றின் உடலுக்குள் சென்றுவிடும். இவ்விதம் செல்பவை, ஒருவித வேதிப் பொருளால் தாக்கப்பட்டு, தன்னிச்சையாகக் கடல்நீரில் வாழும் இளவுயிரிகள் பெண்களாக வளர்சிதை மாற்றமுறும். இவ்வாறு ஓர் உயிரியின் பால் அவற்றின் ஜீன்களால் அறுதியிடப்படாமல் சுற்றுப்புறத்தால் அறுதியிடப் படுவதால், இது சுற்றுப்புறப் பால் உறுதி எனப்படும்.

எக்கியூராக்களின் இரத்தச் சுற்றோட்ட மண்ட லம், மயிர்க்கால்கள், சிறுநீரகக் குழாய்கள் போன் றவை மண்புழுக்களின் உறுப்புகளை ஒத்திருக்கின்றன. ஆகவே இவை வளைதசைப்புழுக்கள் தொகுதியுடன் படிமலர்ச்சித் தொடர்பு கொண்டுள்ளன என்று கரு தப்படுகின்றன. எக்கியூராக்கள் மனிதருக்குப் பெரிதும் பயன்படுவதில்லை. ஒரு சில, தூண்டில் புழுக்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

- எம். உத்தமன்

எக்கைனோகாக்கஸ்

உருவத்தில் மிகச்சிறிய எக்கைனோகாக்கஸ் கிரான்யு லோசஸ் (Echinococcus granulosus) அல்லது டீனியா எக்கைனோகாக்கஸ் (Taenia echinococcus) என்னும் நாய் நாடாப் புழு பெருமளவில் பாலிலி இனப் பெருக்கம் செய்கிறது. இது ஒரு சில மில்லி மீட்டர் நீளமே இருக்கும். பிற நாடாப் புழுக்களிலுள்ளது போலவே ராஸ்டெல்லத்தையும் நான்கு புரோ கிளாட்டிடுகளையும் கொண்டது. ஆனால் இதன் முட்டைக்கூடுகள் பெரியவை. கொக்கிகள் கொண்ட கருக்கள் அடங்கிய முட்டைகள் உணவுப் பொருள்கள் மூலமாகப் பல பாலூட்டிகளின் உடலை அடை கின்றன. பாலூட்டிகள் இடைநிலை விருந்தோம்பிகள் ஆகின்றன.

முட்டையோட்டை விட்டு வெளிவரும் கரு இடைநிலை விருந்தோம்பியின் இரத்தக் குழாய் களைத் துளைத்துச் சென்று, இரத்தத்துடன் கல் லீரலை அடைகிறது. கல்லீரல் மட்டுமன்றி உடலில் வேறு பகுதியிலும் தங்கக் கூடும். தாய்க்கூடு (mother cyst) தன் பையை வளர்க்க நீண்ட நாளாகும். இறுதியாகப் பையின் உட்பகுதியிலிருந்து பல சேய்க் கூடுகள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றும் பல தலை களை (scolex) முகிழ்க்கும். இவை பையில்லாமல் சிஸ்டிசெர்க்காய்டுகளாக வளர்கின்றன. சிஸ்ட்டி செர்க்காய்டுகள் விருந்தோம்பியின் உறுப்புகளில் உதிர்ந்துவிடுகின்றன. இந்த உறுப்பை நாய் விழுங்கி னால் நாயின் உடலில் வளர்ந்து இது முதிர்நிலை யடைகிறது. எக்கைனோகாக்கஸ்களின் கூடுகளுக்கு ஹைடாட்டிட் கூடு அல்லது கட்டி என்று பெயர். இதனால் உண்டாகும் நோய் ஹைடாட்டிட் எனப் படும். இந்நோய் மாடு, ஆடு, பன்றி போன்ற வற்றிலும் காணப்படுகிறது. இந்தக் கட்டியை உண வோடு உட்கொள்ளும் கால்நடைகளில் நோய் இடை நிலை சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. வெட்டி அகற்றப்படுமிடத்தில் இந்தக் கட்டிகளை முறை யாகத் திரட்டி அழித்தால் நோய் பரவாமல் தடுக்க வாய்ப்பு உள்ளது. மேலும் நாய்களுக்குப் பூச்சிக் கொல்லி மருந்துகளைக் கொடுத்தால் நாடாப் பூச்சியை ஒழிக்கலாம்.

வாழ்க்கை வரலாறு. நாய்களிடமிருந்து வெளிப் படும் முட்டைகள் உணவுப் பொருள், நீர் இவற்றுடன் கலந்து கால்நடை மனிதர்களின் வயிற்றில் தங்க ஈரல், இரத்தக் குழாய் வழியாகச் செல்கின்றன. அங்கிருந்து சில முட்டைகள் நுரையீரல், இதயம், மூளை, கல்லீரல் போன்ற பகுதிகளில் சென்றடை கின்றன. பின்பு அவை எந்தெந்தப் பகுதிகளைச் சேர்ந் துள்ளனவோ அப்பகுதிக்கேற்ப வாழத் தொடங்கு கின்றன. ஆடு, மாடுகளை உணவுக்காக வெட்டும் போது இந்தக் கட்டிகளை உடனடியாகத் திரட்டி அழிக்காவிட்டால் நாய், ஓநாய், நரிகள் போன் றவை உட்கொள்ளும்போது இந்தக் கட்டியில் இருக்கும் இடைநிலைப் பூச்சி வளர்ந்து சிறு குடலில் முழுப்பூச்சியாக மாறும். ஒரு கட்டியிலிருந்து ஏறத்தாழ 40 - 50 பூச்சிகள் உண்டாகும். இந்தக் கட்டிகள் மனிதர்களுக்குச் சாதாரணமாகக் குழந்தைப் பருவத்திலேயே ஏற்பட மிகு வாய்ப் புள்ளது. ஏனெனில் குழந்தை சாதாரணமாக நாய் களுடன் விளையாடும்போது அதன் மயிரில் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் முட்டைகள் குழந்தைகளின் கை மூலம் நேரடியாக வாயிலேயே செல்லும்.

வேறொரு விதமாகவும் இது மனிதர்களுக்குப் பரவும். சாதாரணமாக ஆடுகளை ஓட்டிச் செல்லவும், காப்பாற்றவும் உடன் செல்லும் நாய் மலம் கழிக்கும் இடத்தில் ஆடுகள் படுத்து எழுந்திருக்கும்போது இந்த முட்டைகள் முடியில் ஒட்டிக் கொண்டு ஆட்டி டையர்கள் ஆடுகளைத் தூய்மை செய்யும்போது முட்டைகள் உள்ளே சென்று இந்நோய் பாதிப்பை ஏற் படுத்துகிறது. எனவே இந்த நோய் ஒரு நாடாப் பூச்சி யின் இடைநிலைப் பருவத்தால் மனிதர்களுக்கும் கால்நடைகளுக்கும் பரவுகிறது. உணவுப் பொருள் களில் கரப்பான், எலி ஆகியவற்றின் எச்சத்திலுள்ள

முட்டைகள் கலந்துவிடுவதால் மனிதர்களில் இந்த நோய் பாதிப்பு ஏற்படுத்துகிறது,

நோய்க்காப்பு முறை. கால்நடைகளை உணவிற்காக வெட்டும் இடங்களில் இந்த நோயால் பாதிக்கப்பட்ட ஈரல், நுரையீரல், கல்லீரல், இதயம், மூளை ஆகியவறறைத் திரட்டி எரித்து விட வேண்டும். ஆடுகளோடு செல்லும் நாய்களுக்கு அடிக்கடி பூச்சிக் கொல்லி மருந்து கொடுத்து, பூச்சிகளை எரிக்க வேண்டும். வீடுகளில் வளர்க்கும் நாய்களுக்கும் பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகள் கொடுக்கவேண்டும். கால்நடைகளை வெட்டும் இடத்தில் அதன் உட்பகுதிகளில் அதாவது ஈரல், நுரையீரல், கல்லீரல். மூளை இதயம் போன்றவற்றில் நோய் காணப்பட்டால் அப்பகுதியை மட்டும் அகற்றிவிட்டு மற்றவற்றை உணவுக்காக விற்பனை செய்யலாம். நோய்வாய்ப்பட்ட கால்நடைகள் மிகவும் மோசமான நிலையில் இருந்தால் அவற்றின் இறைச்சியை உணவுக்காக அனுமதிக்கக்கூடாது.

நோய் பரவல். இந்நோய் வட, தென் அமெரிக்கா, மத்திய கிழக்கு நாடுகள், ஆஸ்திரேலியா, நியூசிலாந்து, ஐஸ்லாந்து போன்ற நாடுகளில் ஆடு, நாய், கால்நடை ஆகியவற்றை மிகுதியாக வளர்க்கும் பகுதிகளில் பரவலாக உள்ளது. இந்நோயால் வர்ஜீனியா, ஜியார்ஜியா, அலபாமா பகுதிகளில் பன்றிகள் மிகுதியாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. இங்கு நாய்கள் பெருமளவில் இல்லாமையால் குள்ள நரிகள் பாதிக்கப்படுகின்றன.

- பி. என். சௌரி

எக்கைனோடெர்மேட்டா

காண்க: முள்தோலிகள்

எக்டோகார்பஸ்

இது எக்டோர்கார்பேசி என்ற குடும்பத்தைச் சார்ந்த கடல்வாழ் ஆல்கா உயிரியாகும். இவ்வகைக் கடல் ஆல்காக்களின் உடலம் எளிய ஹெட்டிரோடிரைகஸ் இழைகளாக உள்ளது. இக்குடும்பத்தைச் சார்ந்த எக்டோகார்பஸ் இந்தியக் கடல்களில் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றது.

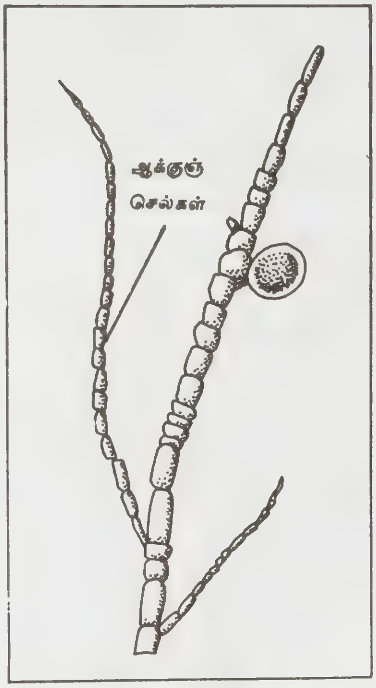
இந்தியக் கடல்களில் மட்டுமன்றி, உலகின் அனைத்துக் கடல்களிலும் பரவலாகக் காணப்படுகின்ற எக்டோகார்பஸ் கடலோரங்களிலும், கரையினின்று சற்றே விலகிய பகுதியிலுள்ள பாறைகளின் மீதும் காணப்படுகின்றது. எக்டோகார்பஸ் பேரினத்தைச் சேர்ந்த சில சிற்றினங்கள் ஃப்யூகேல்ஸ் மற்றும் லேமினேரியல்ஸைச் சேர்ந்த ஏனைய ஆல்காக்களின் மீது தொற்றுத் தாவரங்களாக வாழ்கின்றன. இந்தியக் கடற்பகுதிகளில் எக்டோகார்பஸ் அராபிகா, எ. ப்ரேவிஆர்டிகுலேட்டஸ், எ. கோனிஃபெரஸ், எ, என்ஹாலி, எஃபைலிபெர் எ. ஜெமினிஃபிரக்டஸ், எ. இண்டிகஸ், எ. மிட்செல்லே போன்ற சிற்றினங்கள் காணப்படுகின்றன. எக்டோகார்பஸ் ஃபாசிகுலேட்டஸ் மீன்களின் துடுப்பு மீது பற்றிக் கொண்டு வாழ்கின்றது.

பல கிளைகளைக் கொண்ட அமைப்புடைய இதன் உடலம் இரு தொகுதிகளாக வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றது. இரு தொகுதியில் ஒன்றான அடிப்பகுதி பற்றிடத்தின் மீது பற்றிக் கொண்டு உடலத்தை நிலை நிறுத்தத் துணை புரிகின்றது. மற்றொரு தொகுதியான மேல் பகுதி கிளைகளைக் கொண்டு கொத்துக் கொத்தாகக் காணப்படுகின்றது. கிளைகள் மெல்லிய நுண்கிளைகளாக இறுதியில் முடிவடைகின்றன. இவ்வகை வளரியல்பு ஹெட்டிரோடிரைகஸ் எனப்படும்.

படம் 1. எக்டோகார்பஸ். வளரியல்பு

எக்டோகார்பஸின் நேர் நிமிர்ந்துள்ள கிளைகளைவிடப் படரும் கிளைகளில் நுனி வளர்ச்சி நன்கு காணப்படுகின்றது. நேர்நிமிர்ந்து காணப்படும் வளர்ச்சி, கிளைகளின் தனிப்பட்ட பகுதிகளுக்கு ஒதுக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றின்

மயிர் அடிப்பகுதிகளில் தெளிவான இடையாக்குந் திசுக்கள் உள்ளன. இத்திசுக்கள் இரு புறங்களிலும் செல்களை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றின் மேற்புற மாத உண்டாக்கப்படும் செல்கள் மெல்லிழைகளை

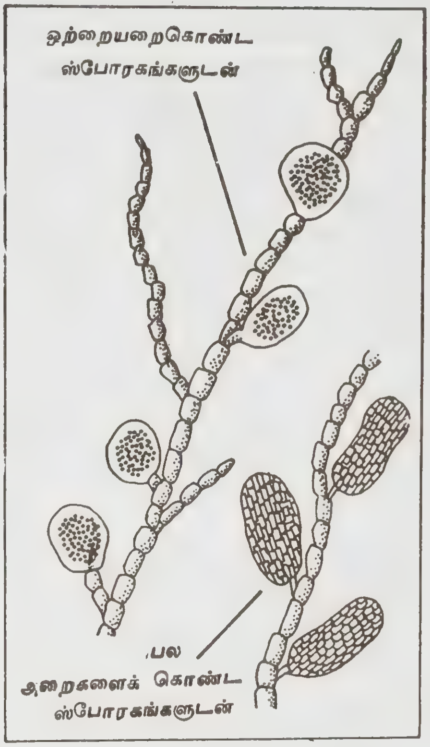


படம் 2. எக்டோகார்பஸ் ட்ரைகோதாலிக் வளர்ச்சி

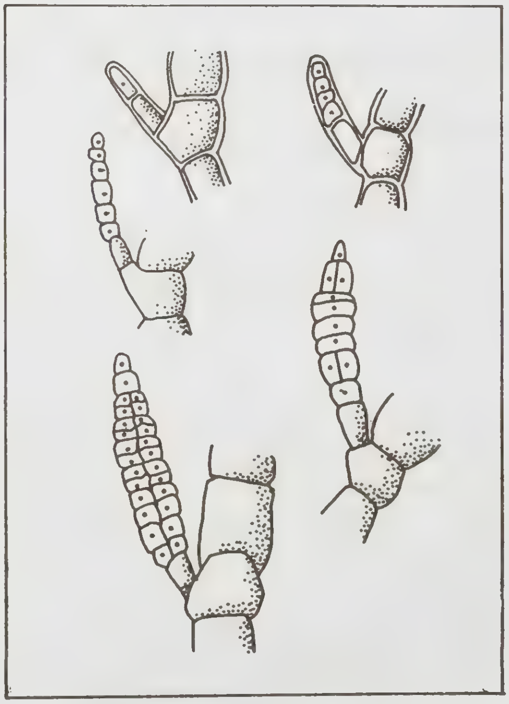
வளரச் செய்கின்றன. அதேபோன்று அடிப்புறமுள்ள செல் கிளையை உண்டாக்குகின்றன. இத்தகைய வளர்ச்சி ட்ரைகோதாலிக் வளர்ச்சி எனக் குறிப்பிடப் படுகிறது.

இரு அடுக்குகள் கொண்ட உறையினாலான செல்கள் எக்டோகார்பஸில் காணப்படுகின்றன. வெளி அடுக்கு ஆல்ஜின் எனப்படும் பசை போன்ற பொருளினாலும், உள் அடுக்கு செல்லுலோஸினாலும் ஆனவை. இவ்வுறையின் சைட்டோபிளாசத்தில் ஓர் உட்கருவும், பல குரோமோட்டோபோர்களும் உள்ளன. இவை நெளிந்தோ வளைந்தோ வட்ட வடிவமாகவோ காணப்படும். புரோட்டோப்பிளா சத்தில் காணப்படும் ப்யுகோசன் செல்கள் ஃபேயோ பைசியின் சிறப்புப் பண்பாகும்.

எக்டோகார்பஸில் காணப்படும் இனப்பெருக்க முறை ஓர் ஒத்த உருவ அமைப்புடையதாகும். இம் முறை சந்ததி மாற்றத்தில், ஸ்போரோபைட்டும் (sporophyte), கேமிட்டோபைட்டும் (gametophyte) அமைப்பில் ஒத்துக் காணப்படுகின்றன. இரட்டை மயோபிலமெண்டுகளால் (myofilament) பாலிலா இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகின்றது, இவற்றில் பல அறையும் (plurilocular) ஒற்றை அறையும் (unilocular) கொண்ட இருவகைச் சிதலகங்கள் (sporangia) காணப்படுகின்றன,



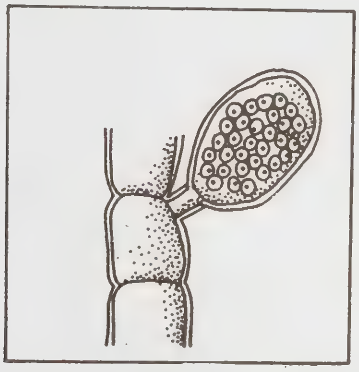
படம் 3. எக்டோகார்பஸ் உடலத்தின் பகுதி.



படம் 4. எக்டோகார்பஸ். பல அறைகளைக் கொண்ட ஸ்போரகத்தின் பல்வேறு வளர்ச்சி நிலைகள்

பல அறை கொண்ட ஸ்போரகங்கள், பக்கக் கிளைகளின் நுனிச் செல்களினால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய செல்கள் அளவில் பருத்து நீள்வட்ட வடிவத்தை அடைகின்றன. இவை குறுக்குப் போக்கிலும், நீள்போக்கிலும் பகுப்புற்று நூற்றுக் கணக்கான சிறு சிறு செல்களை உண்டாக்குகின்றன. முடிவில் ஒவ்வொரு செல்லின் புரோட்டோப்பிளாசமும் ஒரு ஸீஸ்போராக உருமாற்றம் அடைகின்றது. முதிர்ச்சியுற்ற நியுட்ரல் ஸ்போரகத்தில் பல அறைகள் காணப்படுவதால் அது பல அறைகளையுடைய ஸ்போரகம் எனப்படுகிறது. ஸீஸ்போர்கள் ஸ்போராஞ்சியத்தின் பக்கத் துளை வழியாக வெளியேறுகின்றன. நியுட்ரல் ஸ்போரகத்தின் வளர்ச்சியின் எந்நிலையிலும் குன்றல் பகுப்பு நடைபெறுவதில்லை.

ஓரறை கொண்ட ஸ்போரகங்கள் குட்டையான பக்கக்கிளைகளின் நுனிச் செல்களிலிருந்து வளர்ச்சியுறுகின்றன. இவை பருத்து வளர்ச்சியடைவதின் காரணமாகக் குரோமோட்டோபோர்களின் எண்ணிக்கையும் கூடுகின்றது. இதன் நியூக்ளியஸ் முதலில் குன்றல் பகுப்பு முறையில் பகுப்படைந்து பின்னர் மறைமுகப் பகுப்பு முறையில் பகுப்படைவதன் காரணமாகப் புரோட்டோப்பிளாசம் பிளவுற்று ஒற்றை நியூக்ளியசும் குரோமோட்டோபோரும் கொண்ட பல துண்டுகளாகின்றன. இவை ஸீஸ்போர்கள் எனப்படுகின்றன. இவற்றில் இரு நீளிழைகள் காணப்

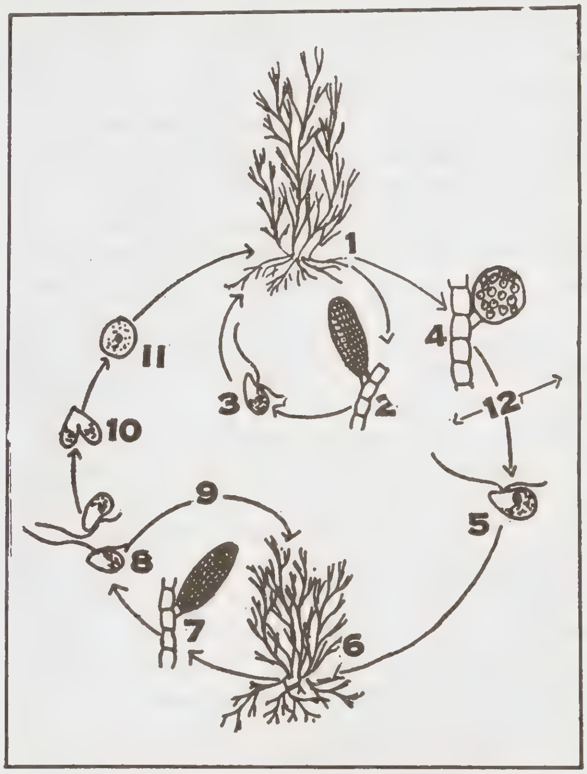


படம். 5. எக்டோகார்பஸ். ஓரறைகொண்ட ஸ்போரகம்

படும். நல்ல வளர்ச்சியடைந்த பின் ஸ்போரகத்தின் துளை வழியாக இவை மொத்தமாக வெளியேறுகின்றன. இவ் வளர்ச்சியின் போது பியாசிஸ் நடைபெறுவதால் இதன் ஸீஸ்போர்கள் ஒற்றைமயமான (haploid) தன்மையைக் கொண்டவை. இவை வளர்ச்சியடைந்து ஒற்றை மய உடலத்தை உண்டாக்குகின்றன.

இனப்பெருக்கத்தின்போது பல அறையுடைய இனப்பெருக்க உறுப்புகளை ஒற்றைமய மெல்லிழைகள் உண்டாக்குகின்றன. இவ்வகைக் கேமிட்டாஞ்சியத்தின் ஒவ்வொரு செல்லும் உருமாறி இரு நீளிழைகளைப் பெற்று நீரில் நீந்தி இயங்குகின்றது. நீரில் ஆண், பெண் ஆகிய இரு கேமிட்டுகள் இணைந்து இரட்டை மய சைகோட்டுகள் உண்டாகின்றன. சில சமயங்களில் கேமிட்டுகள் கருவுறாமல் கலவியிலா இனப்பெருக்க (parthenogenesis) முறையில் வளர்ந்து ஒற்றை மய சந்ததியை உண்டாக்குகின்றன.

எக்டோகார்பஸின் வாழ்க்கைச் சுற்றின் அமைப்பில் ஒத்த ஒரு ஸ்போரோஃபைட்டும் ஒற்றை மய கேமிட்டோஃபைட்டும் மாறி மாறிக் காணப்படுகின்றன. இரட்டை மய சந்ததியால் (diploid generation) உண்டாக்கப்படும் ஸீஸ்போர்கள் முளைத்து ஒற்றைமய சந்ததியை உண்டாக்குகின்றன. ஒற்றை மய சந்ததியால், பல அறைகளையுடைய கெமிட்டாஞ்சியங்களில் கேமிட்டுகள் உண்டாக்கப்பட்டு இணைந்து ஓர் இரட்டை மய சைசோட்டை உண்டாக்கி, இவை இரட்டைமய சந்ததியை உருவாக்குகின்றன.



படம் 6. எக்டோகார்பஸ்: வாழ்க்கைச்சுற்று

1. இரட்டைமய உடலம் 2. நியுட்ரல் ஸ்போரகம், 3. நியுட்ரல் ஸ்போர்கள், 4. ஓரறை கொண்ட ஸ்போரகம், 5. ஸீஸ்போர். 6. ஒற்றைமய உடலம். 7. பல அறை கொண்ட கெமிட்டாஞ்சியம். 8. கேமிட்டுகள் 9. பார்த்தினோஜெனசிஸ் முறை 10. இணைவு, 11, சைகோட். 12. மையாசிஸ்.

- ம. அ. மோகன்

எக்லோகைட்

இது ஓர் அடர்த்திமிக்க பாறையாகும். இதில் பெருமளவு செம்பழுப்பு நிறக் கார்னட்டும், இளம்பச்சை நிறமுடைய ஓம்பசைட்டும், பைராக்சின் தொகுதிக் கனிமமும் நிறைந்து காணப்படும். கார அனற் பாறைகளின் மொத்த வேதியலடக்கத்தையே எக்லோகைட்டும் (eclogite) கொண்டுள்ளது. எக்லோகைட் என்ற பெயர் ஹாயி (Haüy) என்பவரால் 1822 இல் ஃபிச்சர்ஜிபிர்ஜ் (Fitchergebirge) என்ற இடத்தில் கிடைத்த பாறைகளுக்கு இடப்பட்டது. இப்பாறையிலுள்ள கார்னட்கள் பைரோப்பு, அல்மன்டைன், கிராசுலர் உட்கூறை மிகுதியாகக் கொண்டவையாகும். பைராக்சினில் சேடைட், டயாப்சைடு உட்கூறுகள் மிகுந்திருக்கும். குவார்ட்ஸ், கையனைட் ஆம்பிபோல், ஆலிவி, ஆர்த்தோபைராக்சின், சோயிசைட், மைக்கா, ரூட்டைல் முதலிய கனிமங்கள் குறைந்த அளவில் காணப்படுகின்றன. இக்கனிமங்கள் பாறைத்தோற்றச் சூழ்நிலையைப் பொறுத்து உண்டாகின்றன. ஆனால் பிளஜியோகிளேஸ் இவ்வித அருகிய கனிமமாக இப்பாறையில் இருப்பதில்லை.

பொதுவாக மூவகையான எக்லோகைட்டுகள் காணப்படுகின்றன. முதல்வகை எக்லோகைட் பெரும் அடுக்குகளாகவோ, பெரிய வில்லைகளாகவோ, மடிந்துவிழும் திண்டுகளாகவோ சிஸ்டுப் பாறைகளிலும், நைசுப்பாறைகளிலும் காணப்படும். இது ஆம்பிபோலைட்டுப் படிநிலையில் அமைந்துள்ளது. பொதுவாக இப்பாறையில் குவார்ட்ஸ், சோயிசைட் அல்லது கையனைட் காணப்படும். பாரேசைட் உட்கூறுகளையுடைய ஆம்பிபோல்களும் இருக்கலாம். காரப்பாறையைச் சார்ந்த நுழைவுப் பாறைகள், கிடைப்பாறைகள், எரிமலைக் குழம்புப் பாறைகள் உருமாற்றமடைந்து இத்தகைய எக்லோகைட்டுகளாகத் தோன்றுகின்றன. படிவுப்பாறை, உருமாற்ற சிஸ்டுப்பாறைகளிடையே உள்ள தோலமைட்டுச் சுண்ணக்களிப்பாறைகள் உருமாற்றமடைவதாலும் இவ்வகை எக்லோகைட்டுகள் தோன்றுகின்றன. இரண்டாம் வகை எக்லோகைட்டுகள் கிம்பர்லைட் மற்றும் பசால்ட்பாறைகளிடையே அகப்பட்டுள்ள பாறைத்துண்டுகளாகக் காணப்படுகின்றன. அவை கார்னட் பெரிடோடைட்டுடன் அகப்படும் துண்டுகளாகக் காண்ப்படுகின்றன. பெரும்பாலும் இத்தகைய எக்லோகைட்களும், பெரிடோடைட்களும் சிறிதளவு வைரக் கனிமத்தைக் கொண்டுள்ளன. எனவே இப்பாறைகள் புவியின் புறணியிலிருந்து (earth mantle) வெளிவந்தவை எனக் கருதப்படுகின்றது.

மூன்றாம் வகை எக்லோகைட், குளுக்கோனைட் சிஸ்டைச்சார்ந்த படிநிலைப்பாறைகளிடையே பெரும் துண்டுகளாகவோ, வில்லைகளாகவோ காணப்படும். இத்தகைய எக்லோகைட்களில் கையனைட் கனிமம் இராது. ஆனால் ஓரிரு குவார்ட்ஸ் கனிமங்கள் தென்படும். மேலும் ஆம்பிபோல், எபிடோட். ரூட்டைல் அல்லது ஸ்பீன் ஆகிய கனிமங்களும் தென்படும். சில தலையனை போன்ற அமைப்பை உடைய எரிமலைக் குழம்புப் பாறைகள் எக்லோகைட்டாக மாறி இருப்பதைக்கொண்டு இவ்வகையான எக்லோகைட்கள் புவிப்புறணியிலிருந்து தோன்றியவை எனக் கருதலாம்.

எக்லோகைட்கள் நீண்ட வேறுபாடுடைய வெப்ப - அழுத்த நிலைகளில் தோன்றுபவை. ஆயினும் அவை உயர் அழுத்த நிலையில் தோன்றியவை என்பது அப்பாறைகளின் உயர்ந்த அடர்த்தியிலிருந்து தெளிவாகும். நவீன ஆய்வுகள் பசால்ட்பாறைக்குச் சமமான வேதியலடக்கமுள்ள பாறைகள் உயர்ந்த அழுத்தநிலையில் எக்லோகைட்டாக மாறுகின்றன என்று காட்டுகின்றன.

கார்னட் மற்றும் ஓம்பசைட் கனிமங்களிடையே உள்ள இரும்பு மக்னீசிய அடக்கம், பாறையின் தோற்ற வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது. அவற்றின் மூலம் மூவகை எக்லோகைட்கள் உண்டாகும் வெப்ப அழுத்தநிலை எல்லைகள் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒப்பிடுகையில் மூன்றாம் வகை எக்லோகைட் குறைந்த வெப்பநிலையில் தோன்றியதாகும். முதல் வகை எக்லோகைட் அகன்ற வெப்ப அழுத்த நிலை வேறுபாடுகளில் தோன்றக் கூடியதாயிருக்கலாம். எனினும் மூன்றாம் வகை எக்லோகைட்டின் தோற்ற வெப்பநிலையைவிட முதல்வகை எக்லோகைட் சிறிது உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் தோன்றும். இரண்டாம் வகை எக்லோகைட் மிக உயர்ந்த வெப்ப அழுத்த நிலைகளில் உண்டாகும். அவற்றின் தோற்றநிலை புவிப்புறணியின்வெப்பஅழுத்தநிலைக்கு ஒத்திருக்கும்.

உயர்ந்த வெப்ப அழுத்தத்தில் உண்டாகும் உருமாற்றநிலை எக்லோகைட்படிநிலை எனப்படும். பசால்ட்டின் மொத்த வேதியலடக்கத்தைக் கொண்ட பாறைகளில் பைரோப்பு-அல்மன்டின் கார்னட்டும், ஓம்பசைட்டும் குவார்ட்ஸ் அல்லது கையனைட்டுடன் இருப்பதைக் கொண்டு எக்லோகைட் படிநிலையை அறியலாம். மேற்கு ஆல்ப்ஸ் மலைத்தொடரிலுள்ள சிஸியா-இல்ாசோ பகுதிகளில் உருமாறிய கிரானைட் நைசுப்பாறைகளிலும், மைக்காசிஸ்டிலும், படிவுப் பாறையும் கிரானைட்டும் எக்லோகைட் படிநிலையில் உருமாற்றமடைந்து மிகச் சிறந்த ஓம்பசைட் கார்னட்-குவார்ட்ஸ் கனிமக்கூட்டமைப்பைத் தோற்றுவித்துள்ளன.

எக்லோகைட் படிநிலைக்கும் ஏனைய உருமாற்றப்படிநிலைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு பற்றி விரிவாக அறியப்படவில்லை. எக்லோகைட், நீல சிஸ்டு மற்றும் ஆம்பிபோலைட் படிநிலை ஓரளவு

நீரற்ற பகுதிகளில் உண்டாகிறது. இவ்வாறு உண்டான எக்லோகைட்டின் கனிமக் கட்டுக்கோப்பைக் கொண்டு அப்பாறை நீரற்ற சூழ்நிலையில் தோன்றியுள்ளது எனலாம். படிவுப்பாறையடுக்கு இறுக்க உருமாற்றக்கொடிகளில் காணப்படும் பருக்கைப்பரல் தன்மைகொண்ட எக்லோகைட்களில் உள்ள ஓம்பசைட், கையனைட் அல்லது குவார்ட்ஸ் கனிமங்களில் காணப்படும் நீர்மவளிமக் குமிழிகளின் மூலம் எக்லோகைட் மாற்றநிலை மிகுதியான நீர்ம-வளிமங்களின் இயக்க ஆற்றலால் உண்டாகிறது என்று தெரியவருகிறது. நீர்செறிந்த சூழ்நிலைகளில் மிக உயர்ந்த அழுத்தநிலைகளில்தான் எக்லோகைட் நிலை பெறுகிறது என்றாலும் இக்கட்டுப்பாட்டைத் தளர்த்தும் கார்பன் டைஆக்சைடு, காலைட் உப்புகள். போன்றவை இம்மாற்றநிலையில் பங்குகொள்வதால் எக்லோகைட் உண்டாகத் தேவையான அழுத்த நிலையைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு குறைக்கின்றன.

எக்லோகைட்டின் உயர்ந்த அடர்த்தியும் அதன் மீள்விசைப் பண்பும் அதை ஒரு புவிப்புறணிப் பொருளாகக் கருதச் செய்கின்றன. புவியோட்டின் கீழிறக்கத்தால், கடல்தள பசால்டிக் ஓடு பெருமளவில் புவிப்புறணியை வந்தடைகின்றது. புவிப்புறணியிலுள்ள உயர்ந்த வெப்ப அழுத்த நிலை கீழிறக்கப் பாறையை எக்லோகைட்டாக உருமாற்றுகிறது. புவிப்புறணியில் அமைந்துள்ள எக்லோகைட்டின் இடப்பரப்பளவு பற்றித் தெரியவில்லையாயினும் புறக்கருப்பகுதியில் எக்லோகைட் உள்ளது பற்றிக் கிம்பர்லைட் மற்றும் பசால்டிக் எரிமலைவாய்க்குழல்களில் கிடைக்கும் எக்லோகைட் உருண்டைகளிலிருந்து அறியலாம்.

- இரா. இராமசாமி

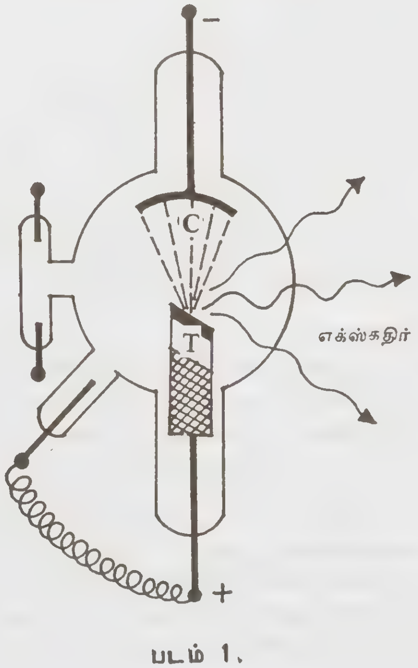
நூலோதி. F.J. Turner, *Metamorphic Petrology, Mineralogical and Field Aspects*, McGraw-Hill Book Company, NewYork, 1968; F.H. Hatch, et. al., *Petrology of the Igneous Rocks*. CBS Publishers of Distributors, 1984.

எக்ஸ் கதிர்

தற்செயலான சில நிகழ்ச்சிகள் அறிவியலாரின் சிந்தனையால் அரிய கண்டுபிடிப்புகளாகி விடுகின்றன. எக்ஸ்-கதிர்கள் கண்டுபிடிப்பும் தற்செயலாக நிகழ்ந்த ஒன்றே ஆகும். 1895 ஆம் ஆண்டு ராண்ட்ஜன் என்ற ஜெர்மானிய அறிவியலார் வளிமங்களின் வழியே மின்னிறக்கம் பற்றிய ஆய்வில் ஈடுபட்டிருந்தார். அப்போது, ஆய்வுக் கருவிகளுக்கு அருகே இருந்த, பேரியம் பிளாட்டினோ சைனைட் படிகங்கள் ஒளிரக் கண்டார். இதனால் மின்னிறக்கக் குழாய் ஏதேனும் புதிய கதிர்களை வெளியிடலாம் என்ற ஐயம் ஏற்பட்டது. குழாய் நிறுத்தப்பட்டவுடன், ஒளிர்வதும் நின்றுவிடுகிறது. எனவே, குழாயிலிருந்துதான் அக்கதிர்கள் வருகின்றன என்பது புலனாயிற்று. மீண்டும் மின்னிறக்கக் குழாய் செயற்படுகிறது. ஆனால் குழாய் கனமான கருநிற அட்டைகளால் மூடப்படுகிறது. இப்போதும் படிகங்கள் ஒளிர்கின்றன; இக்குழாய் ஊடுருவு திறன் மிக்க, இதுவரை அறியாத புதிய கதிர்களை வெளியிடுகிறது. இவற்றின் மூலமும், வகையும் தெரியவில்லை; இவற்றை எக்ஸ் கதிர்கள் எனக் குறிப்பிடலாம் என முடிவு செய்தார். இக்கதிரை ராண்ட்ஜன் கதிர்கள் என்றும் கூறுவர். அறிவியல், பொறியியல், மருத்துவம் போன்ற துறைகளின் வளர்ச்சிக்கு இக்கதிர்கள் பெரிதும் துணை நிற்கின்றன.

எக்ஸ் கதிர் உருவாக்கம். விரைந்து செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள், இலக்குகளின் கனமான அணுக்களால், திடீரெனத் தடுத்து நிறுத்தப்படும்போது அல்லது வேகக் குறைவு அடையும்போது, எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்வுண்மையின் அடிப்படையில் இக்கதிர்களைத் தோற்றுவிப்பதற்கான குழாய்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அவற்றுள் வளிமக் குழாய், கூலிட்ஜ் குழாய், பீட்டாட்ரான் ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

வளிமக்குழாய். மின்னிறக்கக் குழாயில் சில மாற்றங்கள் செய்து இது உருவாக்கப்பட்டது. 10^{-4} மி.மீ. அளவுக்கு வளிம நீக்கம் செய்யப்பட்ட கண்ணாடிக் குமிழின் வலப் பக்கக் குழாயில் குழிந்த எதிர்முனை வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதன் எதிரே



படம் 1.

டங்ஸ்டன் போன்ற கெட்டியான உலோகத்தினால் செய்யப்பட்ட இலக்கு உள்ளது. இலக்கின் முகம் 45° சாய்வாக வெட்டப்பட்டு, எதிர்முனைக் குழிவின் வளைவு மையத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மற்றொரு பக்கக் குழாயில் நேர்முனை பொருத்தப் பட்டுள்ளது (படம்-1). மின் முனைகளுக்கிடையே 40,000 வோல்ட் அளவுடைய மின்னழுத்தம் செலுத் தப்படும்போது மின்னிறக்கம் காரணமாக எதிர் முனைக்கதிர்கள் தோன்றி முன்னோக்கி விரைகின் றன. எதிர் முனைக்கதிர்கள் எனப்படுபவை எலெக்ட் ரான் கற்றையேயாகும். முடுக்கற்ற எலெக்ட்ரான் கள் மிக அதிக இயக்க ஆற்றலைச் சுமந்து செல் வதால், இலக்கின் அணுவினுள் புகுந்து செல்கின்றன. இதனால் ஏற்படும் ஆற்றல் மாற்றங்கள் எக்ஸ் கதிர் களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

குழாய் செயற்படத் தொடங்கியவுடன் அதிலுள்ள வளிமம் சிறிது சிறிதாக அயனியாக்கம் செய்யப்படுவதால், வளிம அழுத்தம் குறைகிறது. இந்நிலையில் மின்னிறக்கம் நின்றுவிட, எக்ஸ் கதிர் களின் உருவாக்கமும் நின்று விடுகின்றது. குறைந்த அழுத்த நிலையில் மீண்டும் மின்னிறக்கம் தொடங்க மின்னழுத்தத்தை 40,000 வோல்ட்டுக்கு மேல் அதிகரிக்க வேண்டும் அல்லது வளிம அழுத்தத்தை மீண்டும் 10^{-4} மி.மீ. அளவுக்கு அதிகரிக்க வேண்டும்.

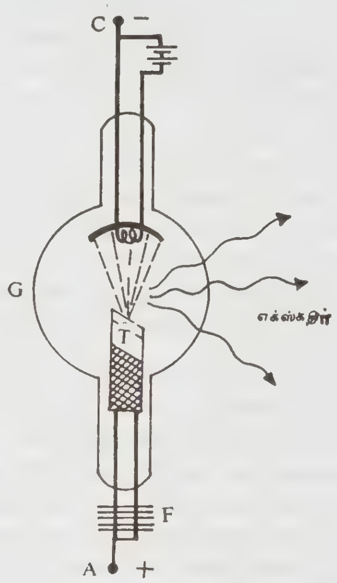
மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்தால் எலெக்ட்ரான் களின் வேகம் மிக மிக அதிகமாகிவிட, வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்கள் மிகமிக அதிக ஊடு திறனுடைய கடினக் கதிர்கள் ஆகிவிடுகின்றன.

வளிம அழுத்தத்தைப் பழைய நிலைக்குக் கொண்டுவர, துணைக் குழாய் ஒன்றில் வைக்கப் பட்டிருக்கும் பிளாட்டினக் கல்நார் வழியாக மின்னி றக்கம் செய்யப்படுகிறது. அப்போது பிளாட்டினக் கல்நார், உட்கவர்ந்துள்ள வளிமங்களை வெளியிட அழுத்தம் பழைய நிலைக்கு வருகிறது. எக்ஸ் கதிர்க் குழாய் மீண்டும் செயல்படத் தொடங்குகிறது.

இம்முறையில் பெறுகின்ற எக்ஸ் கதிர்களின் அளவும், பண்பும் மாறிக் கொண்டே இருக்கின்றன. எனவே, இக்குழாய் வரலாற்றுச் சிறப்பு மட்டுமே உடையது.

கூலிட்ஜ் குழாய். 1915 ஆம் ஆண்டில் கூலிட்ஜ் என்பார் இக்கருவியை உருவாக்கினார். இதைக் கொண்டு தேவையான அளவும் பண்பும் கொண்ட எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்க இயலும்.

இக்குழாயில், G என்னும் மையக் குமிழும், அதன் பக்கத்திற்கு ஒன்றாக இரு ஓரச்சுக் குழாய் களும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன (படம் - 2). வலப்பக்கக் குழாயில் மின்னோட்டத்தினால் சூடு படுத்தக்கூடிய தோரிய டங்ஸ்டன் இழை ஒன்று (F) குழிந்த கிண்ணத்திற்குள் (S) வைக்கப்பட்டிருக் கிறது. வெப்ப அயனி வெளியீடு காரணமாக இழை எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுகிறது. எதிர் மின் அழுத்தங்கொண்ட கிண்ணம், இந்த எலெக்ட்ரான் களைத் தன் வளைவு மையத்தில் குவிக்கும். இடப்



படம் 2.

பக்கக் குழாயில் தடித்த ஒரு செப்புத் தண்டும் அதன் முனையில் கெட்டியான உலோக இலக்கும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இலக்கின் முகம் 45° சாய் வாக வெட்டப்பட்டுக் குழிவுக் கிண்ணத்தின் வளைவு மையத்தில் அமையுமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. செப்புத் தண்டின் அடி முனையில் பல கருநிற உலோகத் தகடுகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை வால் செதில்கள் எனப்படுகின்றன. கருவி இயங்கும்போது உண்டாகும் மிகுதியான வெப்பத்தை வீசித் தணிக்க இவை உதவுகின்றன. குமிழ் முற்றி லும் வளிம நீக்கம் செய்யப்பட்டிருக்கும்.

நேர் மின்முனை, எதிர்மின் முனை ஆகியவற்றுக் கிடையே 50,000 - 2,00,000 வோல்ட் வரை மின் அழுத்தம் தரப்படுகிறது. மின்னிழை வழியாகக் குறைந்த அழுத்த மின்கலங்களின் துணையால் தேவையான மின்னோட்டம் செலுத்த, மின் னோட்டத்தின் அளவுக்கு ஏற்ப அவ்விழை வெப்ப எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுகிறது. வெளியிடப் பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் மின்முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின் அழுத்த வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ப முடுக்க முறுகின்றன. முடுக்கத்திற்கேற்ப அவற்றின் வேக மும், வேகத்திற்கு ஏற்ப இயக்க ஆற்றலும் அமை கின்றன. இவ்வாறு ஆற்றல் பெற்ற எலெக்ட்ரான்கள்

இலக்கின் அணுக்களுடன் மோதி, ஆற்றல் மாற்றம் பெற்று எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக் கின்றன.

சாய்வான மோதல் முதல் நேரடி மோதல் வரை பல வகைகளில் மோதல் நிகழக்கூடும். மோதல் நிலைக்கு ஏற்ப ஆற்றல் மாற்றங்களும், ஆற்றல் மாற்றத்திற்கேற்ப எக்ஸ் கதிர்களும் தோன்றுகின்றன. E என்பது ஆற்றல் மாற்றத்தின் அளவு என்றால் $E = h\nu$ என்ற பிளாங்க் விதிப்படி ν என்னும் அதிர்வு எண் கொண்ட எக்ஸ் கதிர் வெளிவரும். இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி ஆகும்.

பீட்டாட்ரான். பீட்டாட்ரான் எனப்படும் துகள் முடுக்கியைக் கொண்டு எலெக்ட்ரான்களை உயர் வேகங்களுக்கு முடுக்கி, உயர் ஆற்றலுடன் எக்ஸ் கதிர்களைப் பெற இயலும். காண்க, பீட்டான்ரான்.

பண்பு. சாதாரண ஒளியைப் போன்றே எக்ஸ் கதிர்களும் ஒருவகை மின்காந்த அலைகளே ஆகும். ஆனால் இவை கண்ணுக்குத் தெரிவதில்லை என்ப துடன் ஊடுருவுதிறன் மிக்கவை. இவற்றின் அலை நீளங்கள் மிகக்குறைவாகும் (0.02Å - 10Å).

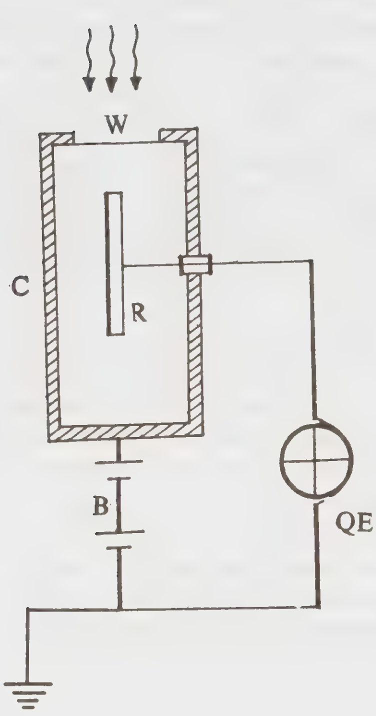
எக்ஸ் கதிர்கள் பொருள்களின் வழியே செல்லும் போது பொருள்களால் உட்கவரப்படுவதால் செறிவு குறைகின்றது. உட்கவர் பொருள்களின் அணு எண் ணுக்கு ஏற்ப உட்கவர்தல் அதிகரிக்கிறது. குறைந்த அலைநீளமுடைய எக்ஸ் கதிர்கள் அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்டவை. எக்ஸ் கதிர்கள் செறிவுமிக்க வளிமங்களை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. எனினும் இதன் அயனியாக்கத் தன்மை மிகக் குறைவு; சில வகைப் படிகங்கள், உப்புகள் போன்றவற்றின் மீது எக்ஸ் கதிர்கள் விழும்போது உடனொளிர்வு, நின் றொளிர்வு போன்ற நிகழ்வுகள் உண்டாகின்றன.

இக்கதிர்கள் மின்னோட்டமற்றவை ஆதலால், மின்புலத்தாலோ, காந்தப் புலத்தாலோ இவை பாதிக்கப்படுவதில்லை. இவை ஒளிப் படத்தகடுளில் வேதியியல் மாற்றங்களை விளைவிப்பதால், இவற் றைக் கொண்டு ஒளிப்படங்கள் எடுக்கலாம். இப் பண்புகள் காரணமாக, எக்ஸ் கதிர்கள் இன்று அறி வியல், பொறியியல், மருத்துவத் துறைகளில் பேருதவி புரிகின்றன.

அளவிடல்

செறிவு. எக்ஸ் கதிர்களின் அயனியாக்கத்திறன் மூலம் அவற்றின் செறிவு அளவிடப்படுகிறது. இதற்கு அயனியாக்கக் கலம் ஒன்றும், கால் வட்ட எலெக்ட்ரோ மீட்டர் ஒன்றும் பின்வருமாறு பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

படத்தில் C என்ற உலோகப் பெட்டிக்கு மெல்லிய அலுமினிய மூடியிட்ட W என்ற சாளரம் பொருத்தப்



படம் 3.

பட்டிருக்கிறது. செறிவு காண வேண்டிய எக்ஸ் கதிர்கள் இச்சாளரத்தின் வழியாகப் பெட்டியுள் செலுத்தப்படுகின்றன. பெட்டியின் அச்சில் உலோகத் தண்டு (R) அமைக்கப்பட்டு அது கால்வட்ட எலெக்ட்ரோ மீட்டருடன் இணைக்கப்படுகிறது. உயர்மின்னழுத்த மின்கலத் தொடர் ஒன்றின் நேர் முனை உலோகப் பெட்டியுடன் இணைக்கப்பட்டு, மறுமுனை தரையிடப்படுகிறது. பெட்டியுள் எளிதில் அயனியாக்க மடையும் ஏதாவது ஒரு வளிமம்அடைக் கப்படுகிறது.

பெட்டியுள் நுழையும் எக்ஸ் கதிர்கள், அவற்றின் செறிவுக்கு ஏற்ப வளிமத்தை அயனியாக்கம் செய் கின்றன. நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின் முனையை நோக்கியும், எதிர்மின் அயனிகள் நேர்மின்னழுத்தம் பெற்றுள்ள உலோகப் பெட்டியை நோக்கியும் நகர் கின்றன. இதனால் ஏற்படும் அயனி மின்னோட்டம் கால்வனா மீட்டரில் விலக்கம் உண்டாக்குகிறது. காலத்திற்கும் விலக்கத்திற்குமாக வரையப்படும் வரைபடத்திலிருந்து விலக்க வீதம் கணக்கிடப்படு கிறது. இந்த வீதம் எக்ஸ் கதிரின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

உட்கவர்தல் எண். எக்ஸ் கதிர்கள் பொருள்களால் உட்கவரப்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர்கள் தடித்த காரீயத் தகடுகளை மட்டுமே ஊடுருவிச் செல்ல

முடிவதில்லை. இதனாலேயே எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்கள் காரீயப் பெட்டியுள் வைக்கப்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர் ஆய்வுகளில் ஈடுபடுவோரும் காரீயப் பொடி கலந்த ரப்பர் உறைகளையும், உடைகளையும் அணிகின்றனர். மற்ற பொருள்களில் இக்கதிர்கள் தங்கள் ஆற்றலுக்கு ஏற்ப வெவ்வேறு அளவுகளில் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. அவ்வாறு ஊடுருவிச் செல்லும்போது இக்கதிர்கள் பொருள்களால் உட்கவரப்படுகின்றன. இதனால் எக்ஸ் கதிர்களின் செறிவு குறைகிறது.

தடித்த அலுமினியத் தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில் விழுகின்ற கதிர்களின் செறிவு I_0 என்றும், தகட்டினுள் அக்கதிர்கள் x தொலைவு ஊடுருவிச் சென்ற பின் செறிவு I என்றும் கொள்ளலாம். மேலும் அக்கதிர்கள் dx தொலைவு செல்லும்போது ஏற்படும் செறிவுக் குறைவு dI ஆகும். - $\frac{dI}{dx}$ என்பது தொலைவைப் பொறுத்துச் செறிவு குறையும் வீதத்தைக் குறிக்கும். இவ்வீதம் கதிரின் அப்போதுள்ள செறிவாகிய I ஐப் பொறுத்திருக்கும். அதாவது,

$$-\frac{dI}{dx} \propto I$$

$$-\frac{dI}{dx} = \mu I$$

இங்கு μ என்பது பொருளின் உட்கவர் எண் என்னும் மாறிலியைக் குறிக்கும். இச்சமன்பாட்டில் வரும் எதிர்மறைக் குறித்தொலைவு அதிகமாக அதிகமாகச் செறிவு குறைகிறது என்ற உண்மையைக் குறிக்கிறது.

எனவே,

$$\frac{dI}{I} = -\mu dx \text{ என்றும்}$$

$$I = I_0 e^{-\mu x} \text{ என்றும்}$$

கணிதவியல் முறைப்படி அறியலாம். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து x என்ற மதிப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க I இன் மதிப்பு முதலில் விரைவாகவும் பின்னர் மெதுவாகவும் குறையும் என்றும் அது ஒரு போதும் சுழி ஆகாது என்றும் அறியலாம். இத்தகைய மாற்றம் e இன் அடுக்கு விதி (exponential law) எனப்படும்.

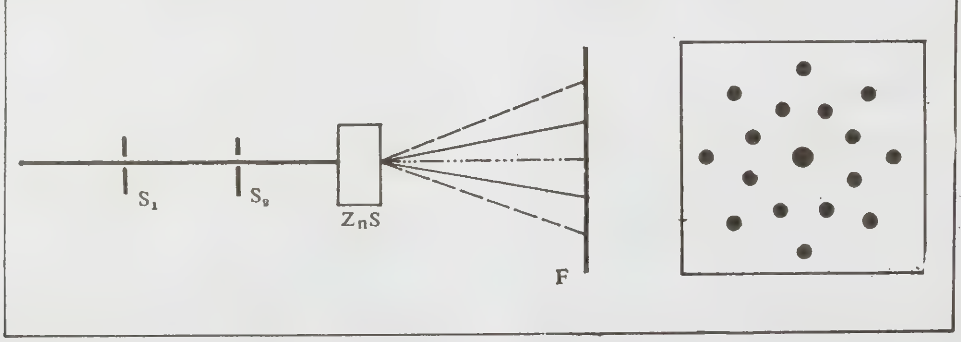
ஒரு பொருளின் உட்கவர் எண்ணைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம். x தடிப்புக் கொண்ட தகடு ஒரு கதிர்க் கற்றையின் தொடக்கச் செறிவைச் சரிபாதியாகக் குறைப்பதாகக் கொண்டால்,

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} = \frac{1}{2} \text{ என எழுதலாம்.}$$

$$\mu = \frac{0.693}{x} \text{ ஆகும் என அறியலாம்.}$$

எனவே, ஒரு கற்றையின் செறிவைப் பாதியாகக் குறைக்கத் தேவைப்படும் தகட்டின் தடிப்பை ஆய்வு மூலம் கண்டறிந்து உட்கவர் எண் μ ஐக் கணிக்கலாம். அயனியாக்க அறையின் சாளரத்தின் முன்னால் உட்கவர் எண் காண வேண்டிய பொருளின் சீரான தகட்டை வைத்துச் செறிவு குறைவதால் அயனியாக்கம் குறைவதைக் காணலாம். தகடு வைக்கப்படும் முன்பு எக்ஸ் கதிர்கள் தந்த விலக்க வீதமும், தகடு வைக்கப்பட்ட பின்பு அக்கதிர்கள் தந்த விலக்க வீதமும் 2:1 என்று இருந்தால் செறிவு பாதியாகி விட்டது என அறியலாம். தகட்டின் தடிப்பை நுட்பமாக அளந்து அதைக் கொண்டு μ ஐக் கணக்கிடலாம். உட்கவரப்பட்ட எக்ஸ் கதிர்கள் மூன்று வகையான மாற்றங்களுக்கு உள்ளாகலாம்.

சிதறலடைந்து, படுகதிரின் அலைநீளமே உடைய கதிர்களாக வெளி வரலாம். இது ஓரினச் சிதறல் (coherent scattering) எனப்படும்; உட்கவர் பொருளின் அணுவிலுள்ள உள்வீதி எலெக்ட்ரான்களை விடுவித்து அதன் காரணமாகப் புதிய அலைநீளமுடைய எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கலாம். இக்கதிர்கள் சிதறச் செய்யும் பொருளின் தனித்தன்மையைக் காட்டுவதால் தற்சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. ஒளிமின் விளைவால் சாதாரண ஒளி மிக அதிக



படம் 4

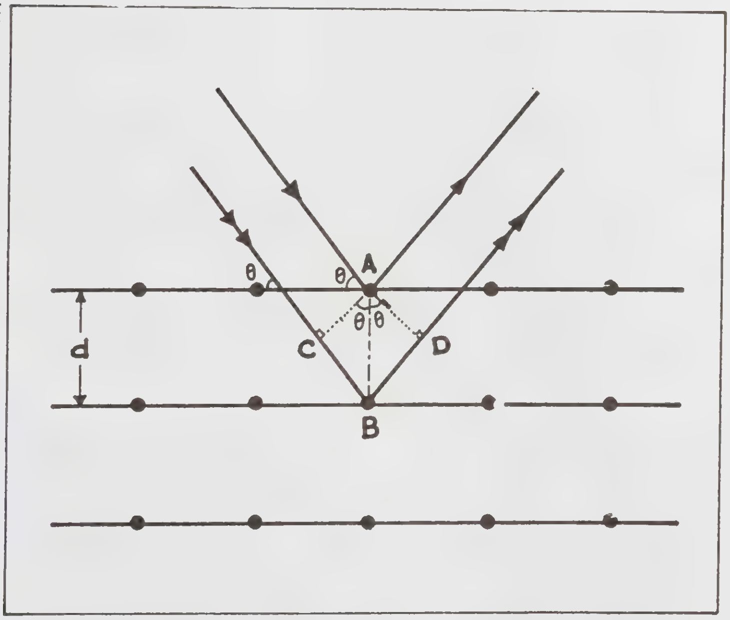
வேகமுடைய எலெக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவிப் பதைப் போல் இக்கதிர்களும் உண்டாக்கலாம்,

மேற்கூறிய பண்புகள் மூலம் எக்ஸ் கதிர்கள் பல வகையிலும் சாதாரண ஒளியை ஒத்திருப்பதை அறியலாம். அதாவது ஒளியின் அலை நீளத்தைக் கீற்றணி (grating) கொண்டு அளவிடுவதைப் போல எக்ஸ் கதிர்களின் அலைநீளத்தையும் கணக்கிடலாம் எனக் கருதுவது இயல்பு. ஒளியியல் கீற்றணி எக்ஸ் கதிர்களை ஆய்வதற்குப் போதுமானதன்று. மேலும் குறுகிய இடைவெளியுடன் கூடிய கீற்றணி தேவை. இதைச் செயற்கையில் உண்டாக்க இயலாது.

லாவேயின் புள்ளிக்கோலம். லாவே என்பார் எக்ஸ் கதிர்க் கற்றை ஒன்றை சிங் சல்ஃபைடு படிகம் ஒன்றின் மீது விழச் செய்து படிகத்தின் மறு பக்கத்தில் ஒளிப்படத்தகடு ஒன்றை வைத்துப் படம் எடுத்தார்.

அப்படம் அழகிய சமச்சீரமைவு கொண்ட புள்ளிக் கோலமாகக் காணப்பட்டது. அது லாவேயின் புள்ளிக் கோலம் எனப்படும்.

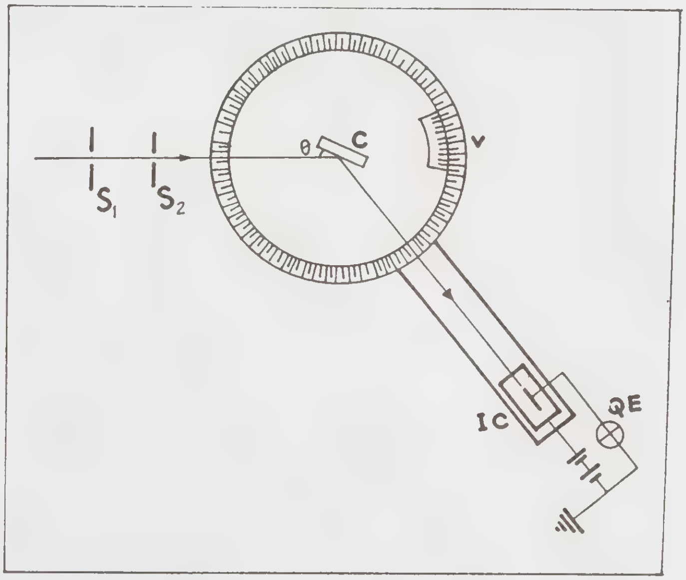
லாவேயின் படத்தைப் பார்த்த பிராக் என்பார் படிகங்களைப் பயன்படுத்தி எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளத்தைக் கணக்கிடலாம் என முடிவு செய்து படிகக் கீற்றணி நிறமாலை அளவி ஒன்றை அமைத்தார்.



படம் 5

படிகத்தின் அணுக்கள் பல இணை தளங்களில் அமைந்துள்ளன. இத்தளங்களில் எதிரொளிக்கப்படும் எக்ஸ் கதிர்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று ஆக்கக் குறுக்கீடு செய்யும்போது லாவே புள்ளிகள் தோன்றியிருக்க வேண்டும் எனப் பிராக் எண்ணினார். இந்த எண்ணம் முற்றிலும் சரியே என்பதை அவருடைய ஆய்வு முடிவுகள் காட்டின.

படத்திலுள்ள கரும்புள்ளிகள் இணை தளங்களில் அமைந்துள்ள படிக அணுக்களைக் குறிக்கின்றன. முதல் தளத்தில் அமைந்த A என்ற அணுவில் θ என்ற சாய்கோணத்தில் படும் ஓர் எக்ஸ் கதிர் எதிரொளிக் கப்படுகிறது. அதற்கு இணையான மற்றொரு கதிர் இரண்டாம் தளத்தில் அமைந்த B என்ற அணுவால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இவ்விரு கதிர்களுக்கும் இடையே காணும் பாதைவேறுபாடு $CB+BD = 2d \sin\theta$ ஆகும். இங்கு d என்பது படிகத் தளங்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவாகும். குறுக்கீட்டு விதி களின்படி இப்பாதை வேறுபாடு அலை நீளத்தின் முழு எண் மடங்குகளாக இருப்பின் ஆக்கக் குறுக்கீடு நிகழும். எனவே, $2d \sin\theta = n\lambda$ ஆகும். இது பிராக் சமன்பாடு எனப்படும். இங்கு n என்பது 1, 2, 3 … … … … …என்ற முழு எண்களைக் குறிக்கும்.



படம் 6. பிராக் நிறமாலைமானி

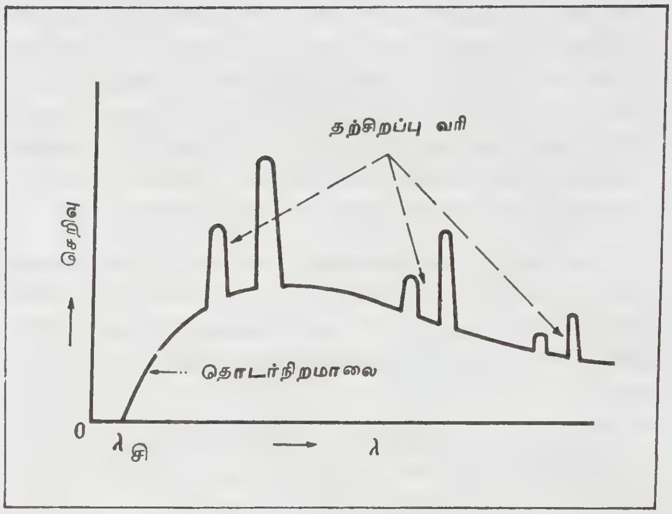
அலைநீளம் காணல். காரீயப் பிளவுகள் S_1 மற்றும் S_2 வழியாகச் செலுத்தப்பட்ட எக்ஸ் கதிர்கள் மெல்லிய கற்றையாக வெளிவந்து படிகமேடையில் வைக்கப்பட்டுள்ள C என்ற படிகத்தின் மீது படுகின் றன. படிகத்தின் முகம் அணுக்கள் செறிந்த பிளவுறு தளத்திற்கு இணையாக வெட்டப்பட்டிருக்கும். படிக மேடையின் சுழற்சியை அளப்பதற்குத் தேவையான

வட்ட அளவுகோலும், அதற்குரிய வெர்னியரும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. படிக மேடையின் அச்சிலேயே சுழலக்கூடிய புயம் ஒன்றின் மீது அயனிக் கலம் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. படிக மேடையை θ° க்குத் திருப்பும்போது புயம் $2\theta^\circ$ திரும்புமாறு இவையிரண்டும் பற்சக்கரங்களால் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

படிகத்தின் மீது விழும் கதிர்கள் எதிரொளிக்கப்பட்டுப் புயத்தின் மீது அமைந்த அயனிக் கலத்தை அடைந்து, அதிலுள்ள வளிமத்தை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இதனால் அயனிக் கலத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள கால் வட்ட எலெக்ட்ரோ மீட்டரில் விலக்கம் உண்டாகிறது. எக்ஸ் கதிரின் செறிவு விலக்க வீதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். படிகத்தால் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் ஆக்கக் குறுக்கீடு செய்திருக்குமானால் அயனிக் கலத்தை அடைந்த அக்கதிர்களின் செறிவு பெரும (maximum) நிலையிலிருக்குமாதலால் விலக்க வீதமும் பெரும அளவுடையதாக இருக்கும். அவ்வாறின்றி அழிவுக் குறுக்கீடு செய்திருக்குமானால் செறிவு மீச்சிறு நிலையிலிருக்கும். எனவே, விலக்க வீதம் சுழியாகும்.

சாய் கோணமாகிய θ இன் மதிப்பைச் சுழி அளவிலிருந்து தொடங்கிச் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்துக் கொண்டே வரும்போது θ_1 என்ற சாய்கோண மதிப்புக்கு விலக்க வீதம் முதல் முறையாகப் பெரும நிலைக்கு வருவதாகக் கொள்ளலாம். இது முதல் வரிசை ($n=1$) நிறமாலையைக் குறிக்கும். எனவே $2d \sin\theta_1 = 1$ ஆகும். தொடர்ந்து சாய் கோணத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால் θ_2 என்ற மற்றொரு சாய்கோணத்திற்கு விலக்க வீதம் மீண்டும் பெரும நிலைக்கு வரும். இது இரண்டாம் வரிசை ($n=2$) நிறமாலையைக் குறிக்கும். எனவே, $2d \sin\theta_2 = 2$ ஆகும். இவ்வாறே மூன்றாம் வரிசை நிறமாலையையும் பெறலாம். இதிலிருந்து, $\sin\theta_1 : \sin\theta_2 = 1:2$ என ஆகும். ஆய்வுக் குறிப்புகளிலிருந்து மேற்கூறிய விகிதம் உண்மையே எனக் காட்டினால் படிகம் பற்றிய பிராக்கின் கருத்தும் எக்ஸ் கதிர்களின் குறுக்கீடு பற்றி அவர் கூறிய சமன்பாடும் முற்றிலும் சரியே என்றாகும். ஆய்வுகள் பிராக் கூறிய கருத்துகளை மெய்ப்பித்ததோடு எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளங்களையும் அதிர்வெண்களையும் அளவிடுவதிலும் பெரு வெற்றி பெற்றன.

எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை. எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளங்களும் செறிவும் நுட்பமாக அளவிடப்பட்டு அலை நீளங்களுக்கும் அவற்றிற்கு உரிய செறிவுகளுக்குமாக வரைபடம் வரையப்பட்டது, இது படம்-7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற அமைப்பைக் கொண்டிருந்தது. பொதுவாக நிறமாலை இருவகைப்படும். ஒன்று குறிப்பிட்ட சிறும அலை



படம் 7.

நீளத்தைக் கொண்ட, வரிசையான பல அலைநீளங்களை உள்ளடக்கிய தொடர் நிறமாலை. மற்றொன்று அத்தொடர் நிறமாலையின் மீது அமைந்த மிக்க செறிவுடைய, குறிப்பிட்ட சில அலைநீளங்களை மட்டுமே உடைய தற்சிறப்பு வரி நிறமாலை. இவ்வரிகள் எக்ஸ் கதிர்களை வெளியிடும் இலக்கு அணுவின் தன்மையைக் குறிப்பதால் தற்சிறப்பு வரிகள் எனப்படுகின்றன. ஆகவே, ஓர் இலக்கு, பொதுவாகப் பல அலை நீளங்களைக் கொண்ட எக்ஸ் கதிர்களை வெளியிடுவதோடு அதன் தனித் தன்மையைக் காட்டக் கூடிய சில வரிகளையும் வெளியிடுகிறது என அறியலாம்.

ஆற்றல் மிக்க எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கு அணுவோடு மோதி எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஆனால் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே வகையான மோதலும், ஒரே அளவான ஆற்றல் இழப்பும் அடைவன அல்ல. அவை அடையும் ஆற்றல் இழப்பு, அவை அணுவோடு மோதும் கோணம், அணுக் கருவுக்கு அருகே செல்ல நேரிடும் தொலைவு இவற்றைப் பொறுத்து வேறுபடும். E_1 என்பது ஆற்றல் இழப்பு, ஆனால் $E_1 = h\gamma_1$ என்ற விதியின்படி γ_1 அதிர்வு எண் கொண்ட எக்ஸ் கதிரும், E_2 என்றால் $E_2 = h\gamma_2$ என்ற விதியின்படி γ_2 என்ற அதிர்வு எண் கொண்ட எக்ஸ் கதிரும், இவ்வாறே

பல அதிர்வு எண்களை உடைய எக்ஸ் கதிர்கள் தோன்றித் தொடர் நிறமாலையைத் தருகின்றன. இத்தொடர் நிறமாலைக்கு மீச்சிறு அலைநீளம் ஒன்றிருப்பதைக் காணலாம். இதன் மதிப்பு எலெக்ட்ரான்களுக்கு முடுக்கந்தரும் மின் அழுத்தத்தைப் பொறுத்து வேறுபடும். V என்ற மின்னழுத்தம் எலெக்ட்ரான் ஒன்றுக்குத் தரும் ஆற்றல் eV ஜுல் ஆகும். இது அதன் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். இதுவே ஓர் எலெக்ட்ரான் பெறும் பெரும ஆற்றலாகும். இந்த ஆற்றல் முழுதுமாக இழக்கப்படும்போது உண்டாகும் எக்ஸ் கதிர்களின் அதிர்வு எண் பெரும அளவுடையதாகவும், எனவே அதன் அலைநீளம் சிறும அளவுடையதாகவும் அமையும்.

$$E = eV = h\gamma \quad \text{பெருமம்.}$$

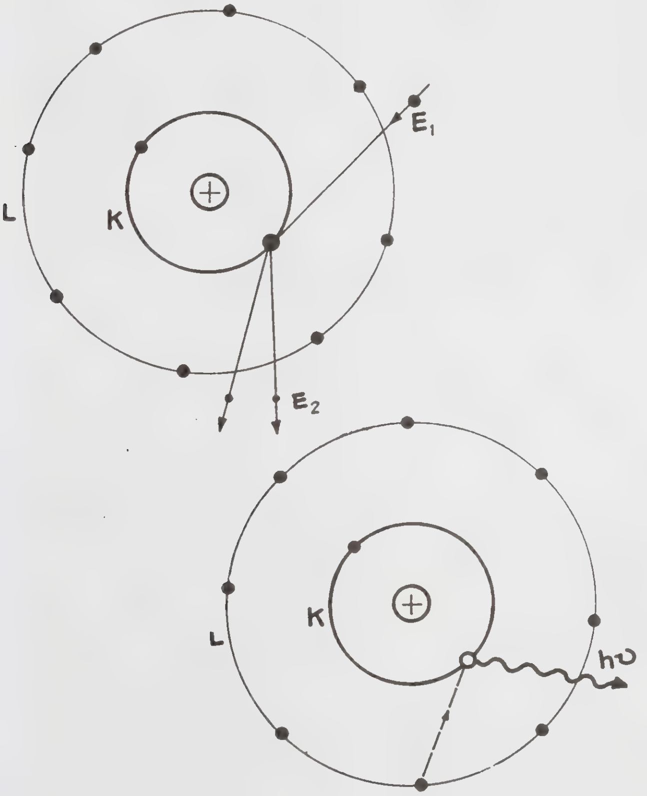
எனவே, γ பெருமம் $= \frac{eV}{h}$ அதாவது பெரும அதிர்வெண் மதிப்பு மின்னழுத்தம் V ஐப் பொறுத்திருக்கக் காணலாம்.

மிக அதிக வேகத்தோடு இலக்கைத் தாக்கும் சில எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கு அணுவின் வெளிக்கூடுகளைக் கடந்து உள்ளே சென்று உள்கூடு எலெக்ட்ரானை மோதி வெளியே தள்ளிவிடக் கூடும். இதனால் ஏற்பட்ட வெற்றிடத்திற்கு அணுவின் வெளிக்கூடு எலெக்ட்ரான் ஒன்று தாவும். அவ்வாறு தாவுகின்ற எலெக்ட்ரான் இருந்த கூட்டுக்கும், தாவும் கூட்டுக்கும் இடையே உள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு ஓர் எக்ஸ் கதிர் ஃபோட்டானாக வெளிவரும். இருந்த கூட்டின் ஆற்றல் E_1 என்றும் தாவும் கூட்டின் ஆற்றல் E_2 என்றும் கொண்டால் $E_1 - E_2 = h\gamma$ என்ற சமன்பாட்டின்படி γ அதிர்வு எண் கொண்ட எக்ஸ் கதிர் ஃபோட்டான் வெளிவரும். இந்நிகழ்ச்சியைப் படம் 8 காட்டுகிறது.

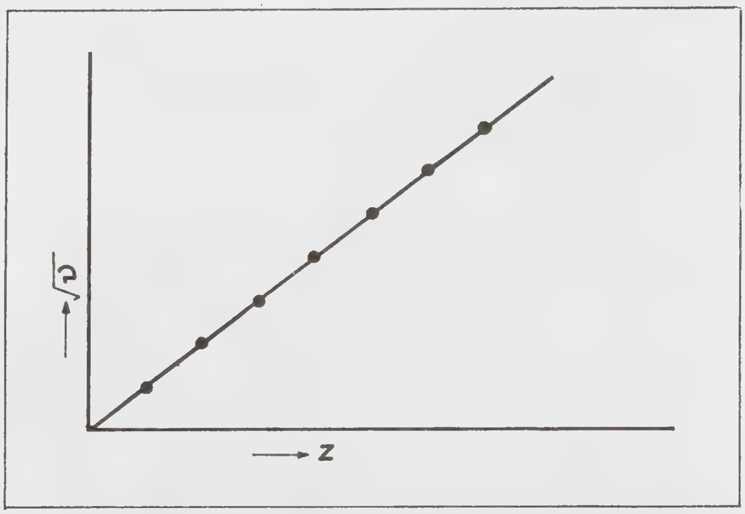
K கூட்டில் ஏற்பட்ட வெற்றிடத்திற்கு L கூட்டிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் தாவும்போது K வரியும், M கூட்டிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் தாவி வந்தால் K_b வரியும், N கூட்டிலிருந்து தாவி வந்தால் K_r வரியும் தோன்றுகின்றன. இவ்வரிகள் K வரிசை வரிகள் எனப்படுகின்றன.

L கூடு எலெக்ட்ரான் K கூட்டுக்குத் தாவி வந்துவிட்டதால் L கூட்டில் ஏற்படுகின்ற காலி இடத்திற்கு அதற்கு வெளியே உள்ள கூட்டிலிருந்து எலெக்ட்ரான் தாவல் நடைபெறும். இதனால் L வரிசை வரிகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு தோன்றுகின்ற K,L, ... வரிசைவரிகள், இலக்கு அணுவின் இயல்பைக் காட்டுவன ஆகையால் இவை அணுவின் தற்சிறப்பு வரிகள் எனப்பட்டன.

மோஸ்லே விதி. பல்வேறு இலக்குகளைப் பயன்படுத்தி எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவித்து அவற்றின்



படம் 8.



படம் 9.

தற்சிறப்பு வரிகளின் அலைநீளங்களை மோஸ்லே என்பார் கண்டறிந்தார். அலை நீளங்களில் இருந்து அதிர்வு எண்களைக் கணக்கிட்டார். அதிர்வு எண்ணின் இருமடி மூலத்திற்கும் இலக்கின் அணு எண்ணுக்குமாக ஒரு வரைபடம் வரைந்தார். அது நேர் கோடாக அமைந்து அணுவெண்ணும் அது தந்த வரியின் அதிர்வெண் இருமடி மூலமும் நேர் விகிதத்திலிருப்பதைக் காட்டியது ($\sqrt{\nu} \propto Z$) (படம்-9). இவ்வாறு மோஸ்லே கண்ட உண்மை அணு எண் அடிப்படையில் அமைந்த புதிய தனிம அட்டவணை உருவாகக் காரணமாயிற்று.

அணுநிறையின் அடிப்படையில் அமைந்த தனிம வரிசை அட்டவணையில் நெடுங்காலமாகச் சில சிக்கல்கள் இருந்தன. மோஸ்லே கண்ட உண்மை அவற்றை எளிதில் தீர்த்து வைத்தது. எடுத்துக் காட்டாக நிறையின் அடிப்படையிலமைந்த அட்ட வணையில் 58.71 அணு நிறை கொண்ட நிக்கல் முதலிலும், 58.94 அணு நிறை கொண்ட கோபால்ட் அதை அடுத்தும் வைக்கப்பட்டிருந்தன. அவற்றின் இயற்பியல் வேதியியல் பண்புகளுக்கு இவ்விடங்கள் மாறி அமைந்திருக்க வேண்டும். ஆனால் அணு எண் அடிப்படையில் அமைந்த புதிய அட்டவணையில் அவற்றின் பண்புகளுக்கு ஏற்ப அவை கோபால்ட், நிக்கல் என்ற வரிசையில் (கோபால்ட் அணு எண் 27, நிக்கல் அணு எண் 28) அமைந்து சிக்கலை எளிதில் தீர்த்து வைத்தன. அணு எண்ணின் அடிப் படையில் அமைந்த தனிம வரிசை அட்டவணை முற்றிலும் சீரலைவுக் குணம் கொண்டதாக விளங்கு கிறது.

பயன். படிகங்களின் அமைப்பு, பொருள்களில் அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் அமைந்திருக்கும் விதம் இவை பற்றிய ஆய்வுகளுக்கு எக்ஸ்கதிர்கள் பயன் படுகின்றன. காண்க, படிகவியல்.

தொழில் துறையில் இதன் பயன்கள் பல வகைப் படும். உற்பத்தி செய்யப்பட்ட பொருள்களில் உள்ள குறைகளைக் கண்டறியப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. மாபெரும் பொறிகள், டாங்கிகள், பீரங்கிகள், வான ஊர்திகளின் இறக்கைகள், இயக்குச் சுழலிகள் முதலிய வற்றில் உண்டாகக் கூடிய விரிசல்கள், துளைகள், வார்ப்பின்போது ஏற்படக் கூடிய காற்றுக் குமிழ்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறிந்து உடனுக்குடன் சரி செய்ய எக்ஸ் கதிர்கள் உதவுகின்றன. நல்ல பகுதி வழியே செல்லும் எக்ஸ் கதிருக்கும், குறையுள்ள பகுதி வழியே செல்லும் எக்ஸ் கதிருக்கும் இடையே காணப்படும் செறிவு வேறுபாட்டை வைத்துக் குறை களின் இடமும், அளவும் கணிக்கப்படுகின்றன. இவ் வாறே வெடி குண்டுகள், கடத்தல் மூட்டைகள் ஆகிய வற்றைத் திறக்காமலே ஆய்வு செய்யவும், டென்னிஸ் பந்து, டயர், முத்துச் சிப்பி, முட்டை ஆகியவை குறையின்றி உள்ளதை அறியவும் எக்ஸ் கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

மருத்துவத்தில் எக்ஸ் கதிர்களின் பயன் சிறப்பு வாய்ந்தது. எக்ஸ் கதிர்கள் உட்கவரப்படும் விதம், உட்கவரும் பொருள்களின் அணு எண் மதிப்பிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். மனித உடலின் தசைப் பகுதிகள் குறைந்த அணு எண் கொண்ட ஹைட் ரஜன், ஆக்சிஜன், கரி போன்ற இலேசான தனிமங் களையும், எலும்புப் பகுதிகள் கால்சியம், பாஸ் ஃபரஸ் போன்ற கனமான தனிமங்களையும் கொண்டி ருக்கின்றன. எனவே, எக்ஸ் கதிர்களைச் செலுத்தி மனித உடலைப் படம் எடுக்கும்போது தசைப் பகுதி களின் படம் செறிவு குறைந்தும், எலும்பு நரம்புப் பகுதிகளின் படம் செறிவு மிகுந்தும் காணப்படும். இவ்வாறே உடலுக்குத் தொடர்பு இல்லாத வெளிப் பொருள்களாகிய துப்பாக்கிக் குண்டுகள், அவற்றின் சிதறல், ஆணி, ஊசி முதலியவை உடலுக்குள் இருப் பினும் அவை இருக்கும் இடம் நிலை ஆகியவற்றின் எக்ஸ் கதிர்ப் படங்கள் தெளிவாகக் காட்டும்.

எக்ஸ் கதிர் கொண்டு முறிந்த எலும்புகளின் அளவு, நிலை முதலியவற்றை அறிய முடிகிறது. உடல் உறுப்புகளின் எக்ஸ் கதிர்ப் படத்தைக் கொண்டு எலும்புருக்கி நோய், புற்று நோய், கழ லைக் கட்டி போன்றவற்றின் இடத்தையும், அள வையும் எக்ஸ் கதிர்ப் படங்கள் தெளிவாகக் காட்டு கின்றன. அவ்வாறு கண்டறிந்த பகுதிகளை நீக்க வேண்டுமாயின், மெல்லிய தேவையான ஆற்ற லுடைய எக்ஸ் கதிர்க் கற்றைகளை அப்பகுதி மீது குவியச் செய்து அப்பகுதி சுட்டெரிக்கப்படுகிறது. இது கதிர்வீச்சு மருத்துவம் எனப்படும். இதனால் நோயுற்ற திசுக்களுடன் நோயுறாத திசுக்களும் சேர்ந்து அழிய நேரும். ஆனால் நோயுறாத திசுக்கள் மீண்டும் வளர்ந்து விடும். நோயுற்ற திசுக்கள் அழிக்கப் படுவதால் நோய் நீக்கப்படுகிறது.

சில சமயங்களில் குடற்புண்கள், வயிற்றுப் புண் கள், குடல் முறுக்கம் போன்றவற்றிற்காகப் படம் எடுக்க நேரிடலாம். இவை எல்லாமே வெறும் தசைப் பகுதிகள் ஆகும். இவற்றை வேறுபடுத்திக் காட்ட வேண்டும். இதற்குப் பேரியம் அல்லது பிஸ்மத் உப்புகள் கலந்த நீர்மம் நோயாளிக்குத் தரப்பட்டுச் சிறிது நேரங்கழித்து அப்பகுதிகள் பட மெடுக்கப்படுகின்றன. அந்த உப்புகள் குடல் மற்றும் இரைப்பையின் சுவர்களில் படிந்து இருக்கும். அவை அதிக அணு எண் கொண்டவையாதலால் மற்ற பகுதி களைவிட, அச்சுவர்கள் வேறுபட்டுத் தெரியும். உணவுப் பாதையில் அமையாத மற்ற தசைப் பகுதி களைப் படம் எடுக்க அப்பகுதியில் மீத்தைல் அயோ டைடு ஊசி மூலம் செலுத்தப்படுகிறது. அதன் பின்னர் எக்ஸ் கதிர்ப் படம் எடுக்கப்படுகிறது.

- கா. வே. சுப்பிரமணியன்

எக்ஸ் கதிர் ஒளியியல்

கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளியைப் போன்று கண்ணுக்குப் புலனாகாத எக்ஸ் கதிர்களும் மின்காந்த அலைகளாகும். அவ்வாறாயின் இவற்றையும் எதிரொளிக்கவும், விலக்கவும், குறுக்கீடு செய்யவும், விளிம்புவிளைவு மற்றும் முனைவாக்கம் கொள்ளச் செய்யவும் வேண்டும்.

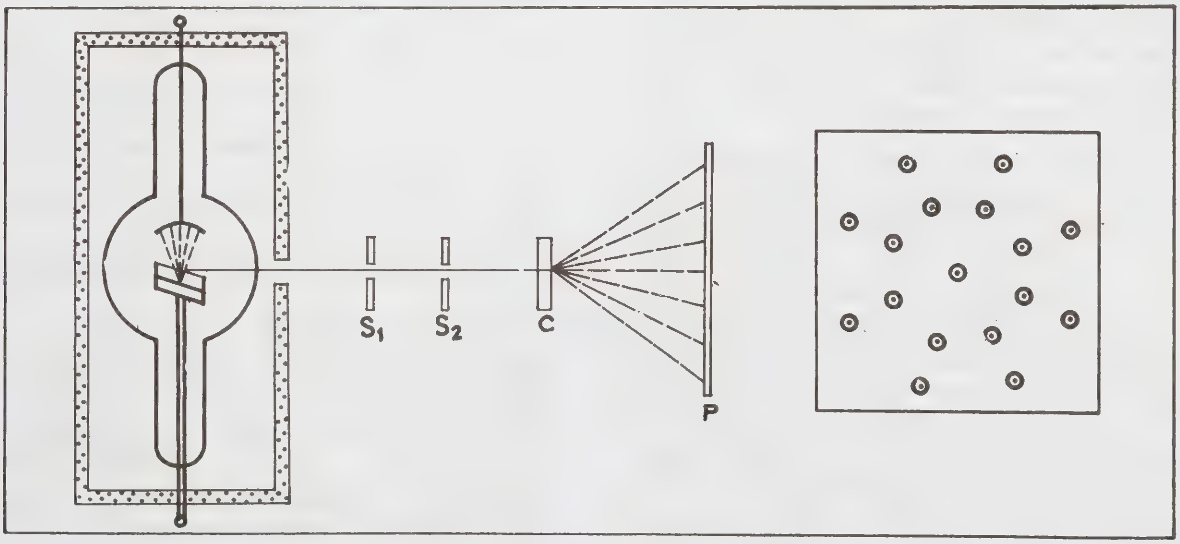
இந்நிலையில் 1912 ஆம் ஆண்டில் பேராசிரியர் லாவே மிகக் குறைந்த அலை நீளமுடைய எக்ஸ்-கதிர்களுக்கு ஒளியியல் கீற்றணியின் (optical grating element) மூலம் மிகமிகப் பெரியதாக இருக்கக்கூடும் எனக் கருதினார். தக்க ஒரு படிகத்தைக் கீற்றணியாகப் பயன்படுத்தி எக்ஸ்-கதிர்களை ஆய்வு செய்யலாம் என்ற எண்ணம் தோன்றியதன் விளைவாக எக்ஸ்-கதிர் ஒளியியல் (x-ray optics) என்னும் பிரிவு உண்டாயிற்று.

லாவே புள்ளிக்கோலம். படிக அணுக்கள், முப்பரிமாண இடத்தில் ஒருவகை ஒழுங்கு முறைக்கு உட்பட்டு அமைந்துள்ளன. ஒன்றுக்கொன்று இணையான, அணுச்செறிவு மிக்க பல தளங்களும், அத்தளங்களுக்கிடையே குறுகிய இடைவெளியும் கொண்ட ஒரு கீற்றணியாகப் படிகம் செயல்படுகிறது. இது மிகச் சிறிய மூலத்தைக் கொண்ட கீற்றணியாகும்.

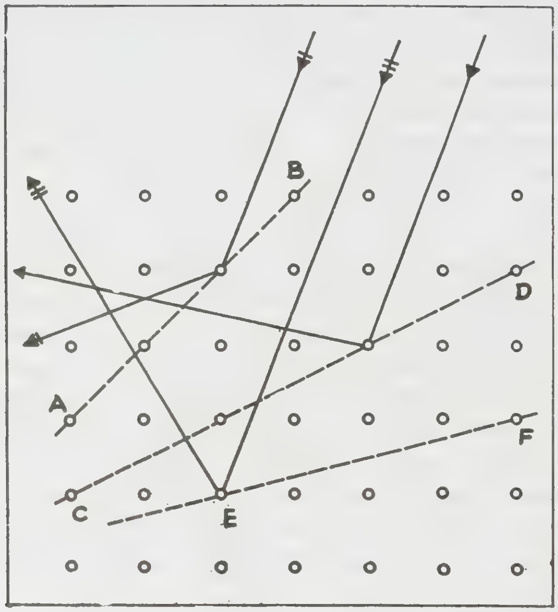
காரீயப் பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள எக்ஸ்-கதிர்க்குழாயிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள், நேர்கோட்டிலமைந்த S_1, S_2 என்ற காரீயத் தகட்டின் சிறு துளைகளால் செம்மையான மெல்லிய கற்றையாக்கப்படும். C என்பது தக்கபடி வெட்டப்பட்ட, துத்தநாக சல்ஃபைடு படிகத்துண்டு, கற்றை துண்டின் மேல் விழுந்து வெளிவந்து அதன் பின் பக்கம் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒளிப்படத் தகட்டின் (P) மீது விழுகிறது. பல மணிநேரப் பதிவிற்குப் பின் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படத்தில் ஒழுங்கான, சமச்சீரமைவுடன் கூடிய புள்ளிக் கோலம் காணப்பட்டது. இது லாவே புள்ளிகள் எனப்படுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி ஒளியைப் போலவே எக்ஸ்-கதிர்களும் விளிம்பு விளைவு அடைகின்றன எனக் காட்டியது.

இதைத் தொடர்ந்து 1930 இல் பேராசிரியர் லார்சன் என்பார் 6×10^{-6} மீ. அகலமுடைய பிளவின் வழியே எக்ஸ் கதிர்களைச் செலுத்தி விளிம்பு விளைவு வரிகளை உண்டாக்கிக் காட்டினார். பேராசிரியர் லின்னிக் என்பார் லாயிட் ஆடியைப் பயன்படுத்தி எக்ஸ் கதிர்கள் குறுக்கீடு செய்து தரும் வரிவடிவங்களைப் படமெடுத்தார். 1936 இல் பேராசிரியர் பர்க்லா என்பார் ஒளியைப் போலவே எக்ஸ்கதிர்களும் முனைவாக்கம் அடைகின்றன என ஐயத்திற்கிடமின்றிக் காட்டி எக்ஸ் கதிர்கள் ஒளியைப் போலக் குறுக்கு அதிர்வு அலைகளே என நிறுவினார்.

படிகக்கீற்றணியும், பிராக் விதியும். இப்படத்தில் புள்ளிகள் ஒரு படிகத்தில் அமைந்த அணுக்களையும், AB, CD, EF என்பன வெவ்வேறு அணுக்கூட்டங்களின் வழியே செல்லும் படிகத் தளங்களையும் குறிக்கின்றன. சில தளங்கள் அணுச் செறிவு மிக்கனவாகவும், சில தளங்கள் அணுச் செறிவு குறைந்தவையாகவும் இருப்பதைக் காணலாம். AB க்கு இணையாக அமைந்த தளங்கள் எல்லாம் ஒரு குழுவாக அமைந்து ஓர் அளவுள்ள கீற்றணி மூலத்தையும், CD க்கு இணையாக அமைந்த தளங்கள் குழுவாக அமைந்து மற்றொரு கீற்றணி மூலத்தையும்



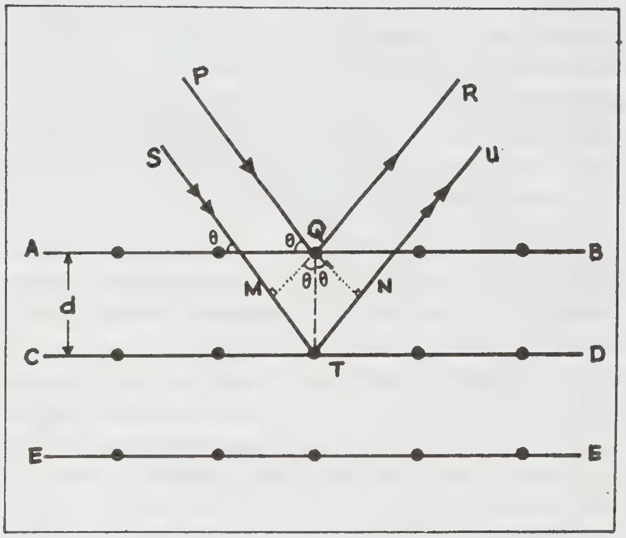
படம் 1



படம் 2

தரும். இவ்வாறு ஒரு படிகக் கீற்றணி அதன் நிலைக்கு ஏற்றவாறு பல கீற்றணி மூலங்களைக் கொண்ட முப்பரிமாணக் கீற்றணியாகச் செயல்படுகிறது. படிகத்தில் விழுகின்ற ஓர் எக்ஸ் கதிர் இணைக் கற்றை மேற்கூறிய தளங்களினால் எதிரொளிக்கப்பட்டுப் பல்வேறு திசைகளில் செல்வதைப் படத்தில் காணலாம். ஒரு குழுவிலமைந்த பல தளங்களால் எதிரொளிக்கப்பட்ட கற்றைகள் இணையாக வெளி வந்து, ஒன்றன் மீது ஒன்று இணைந்து வலிவூட்டிச் செறிவுமிக்க புள்ளிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இத்தகைய லாவே புள்ளிகளைத் தோற்றுவிப்பதற்கான விதி முறைகளையும் பேராசிரியர் பிராக் என்பவர் பின்வருமாறு பெற்றார்.

படத்தில் AB, CD, EF என்பன ஒன்றுக்கொன்று இணையான அணுத்தளங்கள். d என்பது இரு தளங்களுக்கிடையே உள்ள இடைவெளி. PQ மற்றும் ST என்பன இணையான இரு கதிர்கள். அவை தளத்தின் மீது θ என்னும் சாய் கோணத்தில் பட்டு, முறையே QR, TU என்ற திசையில் எதிரொளிக்கப் படுகின்றன. இந்த எதிரொளிப்பினால் இவ்விரு கதிர்களுக்குமிடையே உண்டாகும் பாதை வேறுபாடு MT + TN என அறியலாம். மேலும் $MT = TN = d \sin\theta$ ஆகவே பாதை வேறுபாடு $= 2d \sin\theta$ ஆகும். இக்கதிர்கள் ஒன்றின் மீது மற்றொன்று மேற்பொருந்தும் போது பாதை வேறுபாட்டின் அளவிற்கு ஏற்ப, ஒன்றை ஒன்று அழிக்கவோ வலிவூட்டவோ செய்யும். வலிவூட்டும் முறையில் குறுக்கீடு செய்ய, பாதை வேறுபாடு எக்ஸ்கதிர் அலைநீளத்தின் (λ)



படம் 3

முழு எண் மடங்காக இருக்க வேண்டும். அதாவது, $2d \sin\theta = n\lambda$ இங்கு n என்பது ஒரு முழு எண் ஆகும். மேற்கூறிய இச்சமன்பாடு பிராக் விதி எனப்படும்.

லாவே புள்ளியின் தோற்றம். ஒரு படிகத்தில் பல இணைத்தளக் குழுக்கள் உண்டு. ஓர் இணைக்கற்றை, படிகத்தின் மீது படும்போது வெவ்வேறு தளக் குழுக்களில், வெவ்வேறு சாய் கோணங்களில் விழும். தள இடைவெளியும் (d), குழுவுக்குக் குழு வேறுபடும். லாவே பயன்படுத்திய எக்ஸ் கதிர்க்கற்றை, பல அலைநீளங்களைக் கொண்ட கலப்பினக் கற்றை. ஆதலால்,

$$2d_1 \sin\theta_1 = n\lambda_1$$

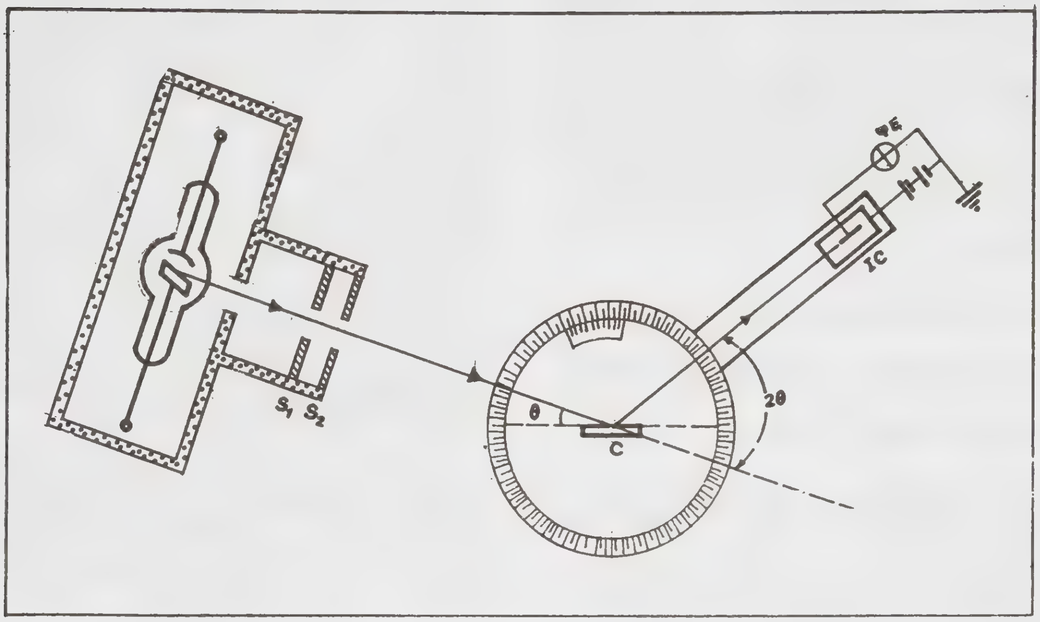
$$2d_2 \sin\theta_2 = n\lambda_2$$

$$2d_3 \sin\theta_3 = n\lambda_3$$

என்ற பிராக் சமன்பாடுகளை நிறைவேற்றும் கோணங்களில் சமச்சீர் அமைவுடைய பல செறிவு மிக்க புள்ளிகள் தோன்றின என்பது விளங்கும்.

பிராக் எக்ஸ்கதிர் நிறமாலை அளவி. எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வரும் கதிர்கள், தடித்த காரீயத் தகடுகளில், ஒரு நேர் கோட்டில் அமைந்த S_1, S_2 என்ற பிளவுகளின் வழியாகச் செலுத்தப்பட்டுச் செம்மையான, மெல்லிய, இணைக்கற்றையாக்கப் படுகின்றன. இப்பகுதி ஒளியியல் நிறமாலை அளவியிலுள்ள இணையாக்கி போன்றது.

செங்குத்து அச்சு ஒன்றில் சுழலக் கூடிய அளப்பதற்குரிய வட்ட அளவுகோலும், வெர்னியரும்



படம் 4.

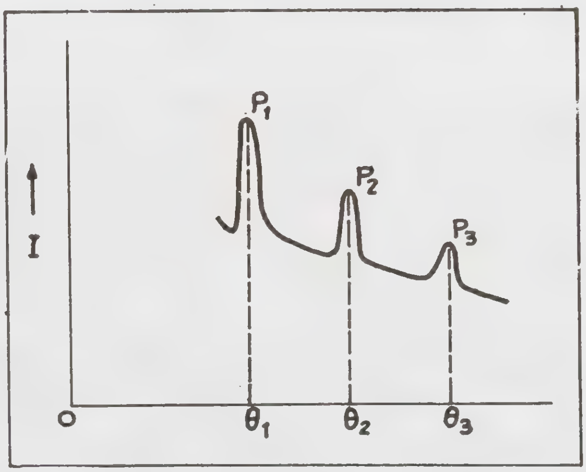
பொருத்தப்பட்ட மேசை ஒன்றின் மீது படிகம் (C) வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இப்பகுதி ஒளியியல் நிற மாலை அளவியின் முப்பட்டக மேசை போன்றது. படிக மேசையுடன் அதே அச்சில் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்ட புயம் ஒன்று உள்ளது. படிக மேசை θ கோணம் திருப்பப்படும்போது இந்தப் புயம் தானாகவே 2 θ கோணம் திரும்புமாறு பற்சக்கர அமைப்பு ஒன்றால் இணைக்கப்படுகிறது. புயத்தின் மீது அயனிக் கலம் (IC) ஒன்று பொருத்தப் பட்டுப் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு அது கால்வட்டக் கால்வனா மீட்டர் (QE) ஒன்றுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. அயனிக் கலத்தில் எளிதில் அயனியாக்கம் அடையக்கூடிய சல்ஃபர் டைஆக்ஸைடு அல்லது மீத்தைல் புரோமைடு நிரப்பப்பட்டிருக்கும். இப்பகுதி ஒளியியல் நிறமாலை அளவியின் தொலை நோக்கியைப் போன்றது. அயனிக்கலத்தின் இடத்தில் ஒளிப்படப் பெட்டியும் வைக்கலாம்.

இணையாக்கிப் பகுதியிலிருந்து மெல்லிய இணைக் கற்றையாக்கப்பட்ட எக்ஸ்கதிர்கள் மேசையின் மீதுள்ள படிகத்தின் மீது பட்டு, எதிரொளிப்பு அடைந்து அயனிக்கலச் சாளரத்தின் வழியாக உள்ளே நுழைகிறது. கதிரின் செறிவுக்கு ஏற்ப அயனியாக்கம் நடைபெற, கால்வட்டக் கால்வனா மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுகிறது.

படுகதிர் θ° சாய் கோணத்தில் விழுந்தால் எதிரொளிப்புக் கதிர், படுகதிரின் திசையிலிருந்து 2θ° கோணத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்டு நேரே அயனிக் கலத்தை அடையும்.

சாய் கோணத்தின் மதிப்பை O விலிருந்து தொடங்கிச் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்துக் கொண்டே செல்ல வேண்டும். சாய் கோணத்தின் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் உரிய கால்வனா மீட்டர் விலக்கத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். எதிரொளித்த க்திர்கள் வலிவூட்டும் முறையில் குறுக்கீடு செய்யும்போது அயனிக் கலத்தை அடையும் கதிர்களின் செறிவு பெருமமாக இருக்கும். எனவே கால்வனா மீட்டரின் விலக்கமும் பெரும நிலை எய்தும்.

ஒரே அலை நீளமுள்ள எக்ஸ் கதிர்களைப் பயன்படுத்தித் தேவையான ஆய்வுக் குறிப்புகளை எடுத்த



படம் 5.

பின் X அச்சில் சாய் கோணத்தையும், Y அச்சில் கால்வனா மீட்டர் விலக்கத்தையும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது படம் 5இல் காட்டியுள்ளது போன்று அமைந்திருக்கும். படத்தில் θ_1, θ_2 மற்றும் θ_3 என்ற சாய் கோணங்களுக்கு அயனியாக்கம் பெருமநிலை பெறுவதால், p_1, p_2 மற்றும் p_3 என்ற முகட்டு உச்சிகள் காணப்படுகின்றன. இவை முறையே ஒன்று, இரண்டு, மூன்று ஆகிய நிறமாலை வரிசைகளைக் குறிக்கின்றன.

$2d \sin \theta_1 = 1\lambda$ அதாவது $n=1$ முதல்வரிசை

$2d \sin \theta_2 = 2\lambda$ அதாவது $n \; 2$ இரண்டாம் வரிசை

$2d \sin \theta_3 = 3\lambda$ அதாவது $n=3$ மூன்றாம் வரிசை

நிறமாலைகளைத் தருகின்றன. இச்சமன்பாட்டில் வருகிற தள இடைவெளியாகிய d இன் மதிப்பைப் படிகவியல் அறிவு கொண்டு கணிக்க வேண்டும். இம்முறையில் எக்ஸ் கதிரின் அலை நீளத்தை அளவிடும் செயல் வெற்றி பெற்றது என்றாலும் இது சில குறைபாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. அக்குறைகள் கருவியைச் செம்மைப்படுத்தியதன் மூலமும், தக்க திருத்தங்கள் தந்ததன் மூலமும் பின்னர் நீக்கப்பட்டன.

குறை. ஆய்வுக் கூடத்தின் வெப்ப நிலைக்கு ஏற்ப, படிகத்தின் தள இடைவெளி (d) மாறுபடுகிறது. அட்டவணை 18° இல் கணக்கிடப்பட்ட d மதிப்புகளைத் தரும். இதற்கான திருத்தத்துடன் d ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

படிகத்தின் மீது படும் கற்றை முற்றிலும் எதிரொளிக்கப்படுவதாகக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் ஒரு பகுதி விலகல் அடைகிறது.

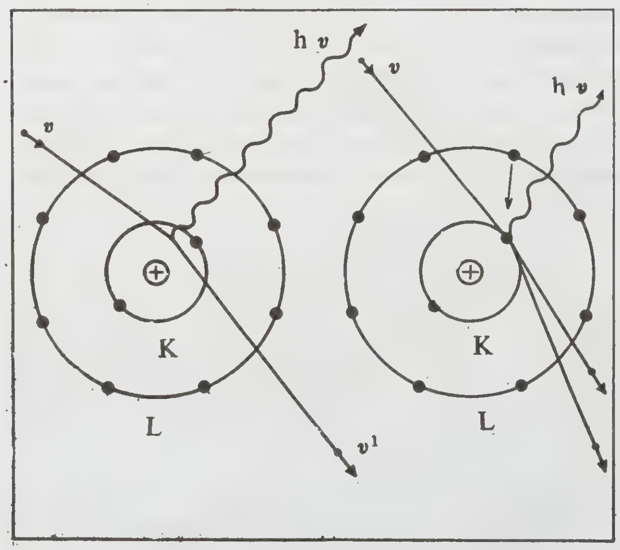
$$n\lambda = 2d \operatorname{Sin} \theta \left[1 - \frac{1-\mu}{\operatorname{Sin}^2 \theta}\right]$$ என்பதே

திருத்தப்பட்ட சமன்பாடு. இதில் μ என்பது படிகத்தின் எக்ஸ்கதிர் விலகல் எண் ஆகும். இம்முறை மிகமிகக் குறைவான பிரிதிறன் (resolving power) கொண்டது. ஒரு குறிப்பு எடுக்கவே மிகு நேரம் ஆகிறது. அவ்வாறு பல குறிப்புகள் எடுத்த பிறகே வரைபடம் வரைய இயலும். எனவே இது ஒரு சலிப்பூட்டும் முறையாகும்.

செம்மைப்படுத்தல். மாரிஸ்-டி-ப்ராய், சீபான் போன்றோரும் வேறு பலரும் பிராக்கின் கருவியை மாற்றி அமைக்கும் முயற்சியில் ஈடுபட்டு வெற்றியும் பெற்றனர். இப்புதிய அமைப்பில் படிக மேசை இங்கும் அங்குமாகக் குறிப்பிட்ட ஒரு கோண எல்லைக்குள் மீண்டும் மீண்டும் அசைக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஒரு கடிகார விசை நுட்பம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அயனிக் கலத்திற்குப் பதில் ஓர் ஒளிப்படப் பெட்டி வைக்கப்படுகிறது. வலிவூட்டும் செறிவுக்கு உரிய கோணத்தில் படிகம் திரும்பும்போது ஒளிப்படத் தகட்டில் ஒரு சுவடு உண்டாகிறது. அவ்வாறே ஒவ்வொரு வரிசைக்குரிய கோணம் வரும்போதும், ஒளிப்படத் தகட்டில் ஒரு சுவடு உண்டாகும். ஒளிப்பதிவு நேரம் அதிகமாக இருந்தால் தான் சுவடு செறிவு உடையதாக இருக்கும். எனவே படிகம் மீண்டும் மீண்டும் இங்கும் அங்கும் அசைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு முறையும் குறிப்பிட்ட கோணங்களில் படிகம் திரும்பும்போது மீண்டும் மீண்டும் முன்பு விழுந்த இடங்களிலேயே, சுவடுகள் பதிவதால் அவை செறிவுள்ளவையாகின்றன.

ஓய்வாக இருக்கும்போது ஒளிப்படச் சுவடுகளைக் கொண்டு தேவையான ஆய்வுக்குறிப்புகளைப் பெறலாம். இவ்வாறு அயனிக்கலம், கால்வட்டக் கால்வனா மீட்டர் என்ற கருவிகளில் குறிப்புகள் எடுக்க வேண்டிய கடினம் நீங்கியது.

தொடர்நிறமாலை-சிவப்பு நிறமாலை. முடுக்கமுற்ற எலெக்ட்ரான்கள் எக்ஸ்கதிர்க் குழாயின் இலக்கினைத் தாக்கும்போது, இலக்கிலிருந்து பல்வேறு அலை நீளங்களும், செறிவுகளும் கொண்ட எக்ஸ் கதிர்கள் வருகின்றன. இவற்றின் வரிசை, தொடர் நிறமாலை எனப்படுகிறது. இவற்றுடன் இலக்கின் தனித் தன்மையைக் காட்டுகின்ற சில குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களுடைய செறிவு மிகவும் அதிகமான சில எக்ஸ்கதிர்களும் வருகின்றன. இவை அந்த இலக்கின் இயல்பைக் குறிக்கும் சிறப்பு நிறமாலை எனப்படும். எக்ஸ் கதிர்க் குழாயினுள் உள்ள எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே அளவில் முடுக்கமுறுவது



படம் 6.

இல்லை. எனவே அவற்றின் ஆற்றலும் ஒரே அளவினதாக இருக்கவியலாது. போதிய ஆற்றலுடைய சில எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கு அணுவின் உள்ளே புகுந்து அதன் K கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரானை மோதி வெளியேற்றக் கூடும். அப்போது ஏற்பட்ட வெற்றிடத்தை நிரப்ப அந்த அணுவின் வெளிக் கூடுகளிலிருந்து K கூட்டிற்கு எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழும். இதனால் K வரிகள் என்ற சிறப்பு எக்ஸ் கதிர் வரிகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வரிகளின் அலை நீளம், தாவல் நடைபெறும் இரு கூடுகளின் ஆற்றல் நிலை வேறுபாட்டைப் பொறுத்தது. W_1 என்ற உயர் ஆற்றல் நிலையிலிருந்து W_2 என்ற கீழ் ஆற்றல் நிலைக்கு எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழ்ந்தால் $W_1-W_2=h\nu$ என்ற வாய்பாட்டிற்கு ஏற்ப, சிறப்பு வரி தோன்றும், இதில் ν என்பது தோன்றும் வரியின் அதிர்வு எண், h என்பது பிளாங்க் மாறிலி. இவ்வாறே L கூட்டில் ஏற்படும் காலியிடத்தை நிரப்ப அதற்கு வெளியே உள்ள கூடுகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழும்போது L வரிகள் தோன்றுகின்றன.

எலெக்ட்ரான்கள் அணுவைத் தாக்காமல் அணுவினால் தடுக்கப்பட்டு முற்றிலும் ஆற்றல் இழக்கவோ, குறைக்கவோ படலாம். அவ்வாறு நிகழும் போது அது இழக்கின்ற ஆற்றல் எக்ஸ்கதிர்களாக மாற்றப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக m நிறையும் v திசை வேகமும் கொண்ட எலெக்ட்ரான் அணுவால் தடுத்து நிறுத்தப்படுவதாகக் கொண்டால் அதன் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}mv^2$ அது அந்த ஆற்றல் முழுதையும் இழந்துவிடுகிறது. எனவே அப்போது உண்டாகும் எக்ஸ் கதிரின் அதிர்வு எண் பெரும அளவுடையதாக இருக்கும்.

$$E = \frac{1}{2} mv^2 = h\nu_{max}$$

அவ்வாறின்றி v திசை வேகத்துடன் அணுவை நோக்கிச் சென்ற எலெக்ட்ரான் v^1 என்ற குறைந்த திசை வேகத்துடன் வெளியேறுவதாகக் கொள்ளும் போது இழக்கும் ஆற்றலின் அளவு $E = \frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv^{12}$ இதற்குரிய எக்ஸ்கதிரின் அதிர்வு எண் ν என்றால் $E=h\nu$ ஆகும். v^1 இன் மதிப்பு மோதுகின்ற எலெக்ட்ரானின் மோதுநிலையைப் (திசை, கோணம்) பொறுத்து மாறிக் கொண்டே இருக்கும். எனவே E இன் மதிப்பு பல வகைப்படும். இதனால் பல அதிர்வு எண்களைக் கொண்ட தொடர் நிறமாலை தோன்றுகிறது.

டானே-ஹண்ட் விதி. மோதும் எலெக்ட்ரான் பெறுகின்ற பெரும ஆற்றலின் விதி அளவு, குழாயை இயக்குகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு V ஐப் பொறுத்தது. e மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான் V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் முடுக்கப் படும்போது அது பெறுகின்ற ஆற்றல் $E=eV$ ஆகும். இது முழுதும் எக்ஸ்கதிர் ஆற்றலாக மாற்றப் பட்டால்

$$eV = h\nu_{max} \text{ ஆகும்.}$$

ஒளியின் திசைவேகம் C எனக் கொண்டால்,

$$C = \nu_{max}\lambda_{min}$$

$$\nu_{max} = \frac{C}{\lambda_{min}}$$

ஆகவே

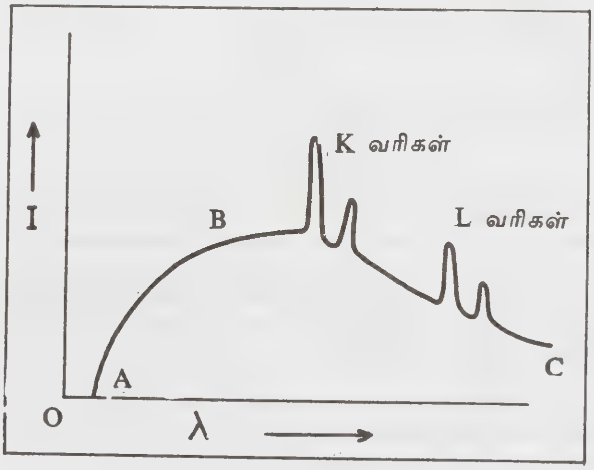
$$eV = h\frac{C}{\lambda_{min}}$$

$$\lambda_{min} = \frac{hC}{eV}$$

இச்சமன்பாட்டில், h, C, e, V ஆகியவற்றின் மதிப்பைப் பதிலீடு செய்ய எக்ஸ்கதிர் தரும் சிறும அலை நீள மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். மேற்கூறிய மதிப்புகளைப் பதிலீடு செய்தபோது

$$\lambda_{min} = \frac{12345}{V}\ \text{Å ஆகும்.}$$

இதிலிருந்து இயக்கும் மின்னழுத்தம் மிகவும் அதிகரிக்கும்போது, குழாய் தருகின்ற சிறும அலை நீளத்தின் அளவும் குறைந்து கொண்டே போகும். மேற்கூறிய சமன்பாடு டானே - ஹண்ட் விதி எனப் படுகிறது.



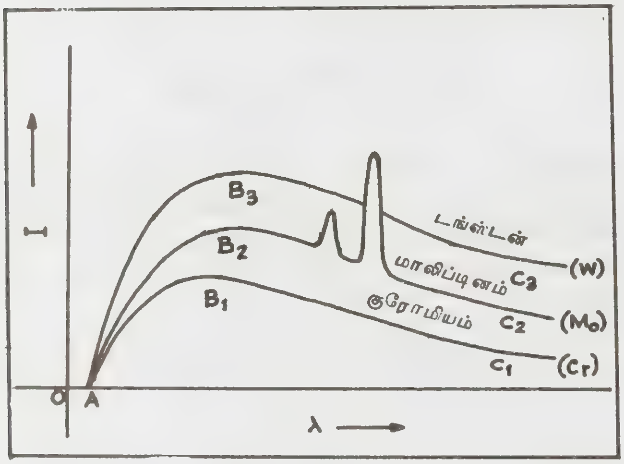
படம் 7.

இப்படம் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு (V) ஆல் இயக்கப்பட்ட எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து

வெளிவந்த கதிர்களின் அலை நீளங்கள் அவற்றின் செறிவுகள் ஆகியவற்றிற்கு இடையே வரையப் பட்டிருக்கிறது. படத்தில் A என்பது குழாய் தருகின்ற சிறும அலை நீளத்தின் இடத்தைக் குறிக் கிறது. OA என்பது சிறும அலை நீளத்தைக் காட்டு கிறது. B என்பது அக்குழாயிலிருந்து வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்களுள் பெருமச் செறிவுடைய தொடர் நிறமாலைப் பகுதியைக் குறிக்கிறது.

ABC என்பது தொடர் நிறமாலையின் அமைப்பு. இப்படத்தில் BC பகுதியில் விரைந்து எழுந்து நிற்கும் சில முகடுகள் காணப்படுகின்றன. இவை சிறப்பு K வரிகள் மற்றும் L வரிகளைக் குறிக்கின்றன. படத்தி லிருந்து அவ்வரிகளின் அலை நீளங்களைக் கண்டு அறியலாம்,

குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தின் கீழ் இயங்கும் ஓர் எக்ஸ் கதிர்க்குழாயில் வெவ்வேறு இலக்குகளைப் பயன்படுத்தி அப்போது அவை தருகின்ற அலை நீளங்களையும் அவற்றின் செறிவுகளையும் அளவிட்ட குறிப்புகளைக் கொண்டு வரையப்பட்ட வரைபடங் கள் இங்கு தரப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.

டங்ஸ்டன் மாலிப்டீனம் மற்றும் குரோமியம் இலக்குகளுக்கு உரிய படங்களைக் காணலாம்.

இயங்கும் மின்னழுத்தம் மூன்று இலக்குகளுக்கும் ஒன்றாக இருப்பதால் சிறும அலை நீள்ம் λ_{min} (OA) மாறாமல் இருக்கிறது.

இலக்கிற்கு ஏற்ப அது தருகின்ற பெருமச் செறி வின் அளவு மாறுபடுகிறது.

$$B_3 > B_2 > B_1$$

பெருமச் செறிவுப் பகுதியின் அலை நீளம் ஏறத் தாழ சிறும அலை நீளத்தைப் போல் 1.5 இலிருந்து 2 மடங்கு இருக்கிறது.

படத்தில் மாலிப்டீனத்திற்கான வரைபடத்தில் மட்டும் சிறப்பு வரிகள் காணப்படுகின்றன. மற்ற இரண்டிலும் சிறப்பு வரிகள் காணப்படாமைக்குக் காரணம் அச்சிறப்பு வரிகளின் அலை நீளங்கள் இங்கு காணப்படும் சிறும அலை நீளத்தை விடக் குறைந்தவையாக இருப்பதே ஆகும். இயங்கும் மின்னழுத்தத்தை மேலும் மிகுத்து ஆய்வுகள் செய் தால் அவற்றின் சிறப்பு வரிகளும் கிடைக்கும்.

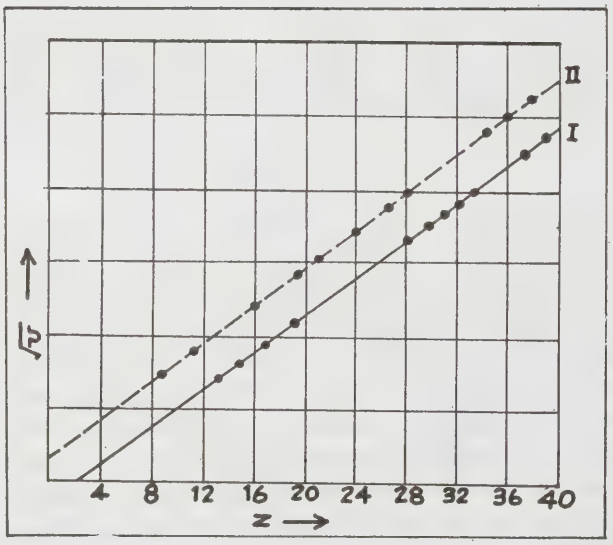
மோஸ்லி விதி. எக்ஸ் கதிர்ச் சிறப்பு வரியின் அதிர்வெண்ணுக்கும், அதைத் தருகின்ற தனிமத்தின் அணு எண்ணுக்கும் உள்ள தொடர்பை மோஸ்லி என்பார் விளக்கினார். இது மோஸ்லி விதி எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

சிறப்பு வரியின் அதிர்வு எண் இருமடி மூலம், அவ்வரியைத் தருகின்ற தனிமத்தின் அணு எண்ணுக்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும்.

$$\sqrt{v} \propto z \qquad \text{அல்லது}$$

$$\sqrt{v} = a\,(z-b)$$

இங்கு v அதிர்வு எண்ணையும், z என்பது அணு எண்ணையும் a மற் றும் b அவ்வரிக்கு உரிய மாறிலிகளையும் குறிக் கின்றன.



படம் 9.

மோஸ்லி, அலுமினியம் முதல் தங்கம் ஈறாகப் பல தனிமங்களின் K வரிகளைத் தோற்றுவித்து அவற்றின் அதிர்வு எண்களைக் கணக்கிட்டார். பின்னர் அவற்றின் அதிர்வு எண் இருமடி மூலத்

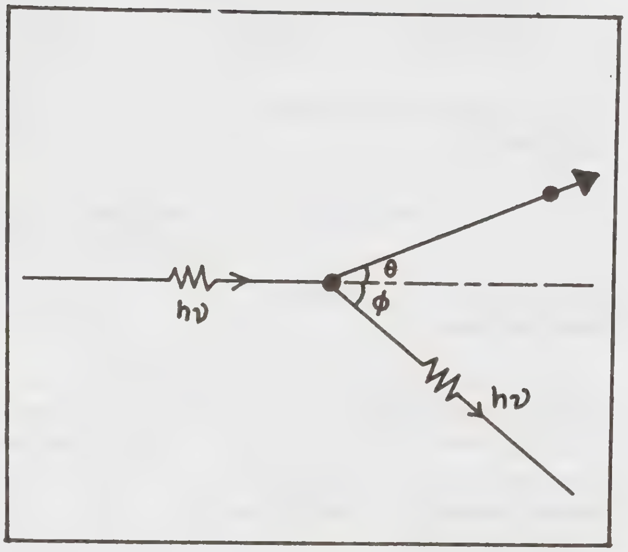
திற்கும் அணு எண்ணுக்குமான வரைபடம் ஒன்றும் (I) பின்னர் அதிர்வு எண் இருமடி மூலத்திற்கும் அணு எடைக்குமான மற்றொரு படம் ஒன்றும் (II) வரைந்தார். படம் I இல் புள்ளிகள் எல்லாம் நேர் கோட்டில் நன்றாக அமைந்து, முற்றிலும் நேர் விகிதத் தன்மையைக் காட்டின. ஆனால் படம்II இன் புள்ளிகள் ஓரளவே நேர் கோட்டிலமைந்துள்ளன. இதிலிருந்து ஒரு தனிமத்தின் வேதி, இயற்பியல் பண்புகளைத் தீர்மானிப்பதில் அணு எடையைவிட அணு எண்தான் சிறப்பான இடம் பெறுகிறது என்றறியப்படுகிறது.

இவ்வாய்வுகளின் பயனாகத் தனிம அட்டவணை யில் இதுவரை காணப்பட்ட சில குழப்பங்கள் நீக்கப் பட்டன. அணு எடையின் அடிப்படையில் அமைக் கப்பட்ட அந்த அட்டவணையில் Ni (58.71), Co (58.94) நிக்கல் கோபால்ட் என்ற வரிசையில் அமைந்திருந்தன. ஆனால் அவற்றின் வேதிப் பண்பு களின்படி கோபால்ட் நிக்கல் என்ற முறையிலமைந் திருக்க வேண்டும். அணு எண் அடிப்படையில் அமைந்த அட்டவணை முறையான Co, Ni வரிசை தான் சரியானது. மேலும் தனிமங்களின் பண்புகள் அணு எண் அடிப்படையில் முற்றிலும் அலைவுச் சார்பு கொண்டிருப்பதையும் அணு எடை அடிப் படையில் அலைவுச் சார்பு ஒத்து வராத தன்மையை யும் எடுத்துக் காட்டின.

மோஸ்லி படங்களால் மற்றொரு பயனும் ஏற் பட்டது. அப்படத்தில் காணப்பட்ட சில வெற்றி டங்கள் அவ்விடங்களுக்கு உரிய சில தனிமங்கள் இருக்க வேண்டும் என உணர்த்தின. இதன் அடிப் படையில் செய்யப்பட்ட ஆய்வுகள் ஹாஃபினியம், இலீனியம் (Pm) ரீனியம் (Re) போன்ற சில புதிய தனிமங்கலளக் கண்டுபிடிக்கவும், புவி அரிய தனிமங்கள் என்பனவற்றின் அணு எண்களைக் காணவும் உதவின.

காம்ப்டன் விளைவு. மாலிப்டினம் இலக்கிலிருந்து பெற்ற ஒற்றை நிற எக்ஸ்கதிர் (Kα வரி) ஒன்றைக் கிராஃபைட் கட்டி ஒன்றால் சிதறச் செய்யும்போது, குறிப்பிட்ட ϕ என்னும் கோணத்தில் சிதறிய கதிர் களில் Kα கதிருடன் சிறிது அதிக அலை நீளமுள்ள புதிய கதிரும் இருப்பதைக் காம்டன் என்ற அமெரிக்க இயற்பியலார் கண்டார்.

படுகற்றையின் அலைநீளத்தைக் கொண்ட பகுதி மாற்றப்படாத சிதறல் கதிர்கள் என்றும், சிறிது அதிக அலை நீளமுள்ள பகுதி மாற்றப்பட்ட சிதறல் கதிர்கள் என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இந் நிகழ்ச்சியினை அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க இயலாது. சிதறல் உண்டாக்கும் பொருளின் கட்டற்ற எலெக்ட்ரான் ஒன்று அசையா நிலையில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அதன் மீது ஓர் எக்ஸ்



படம் 10.

கதிர் ஃபோட்டான் மோதுகிறது. இந்த மோதல் ஒரு மீட்சி வகை மோதல் எனக் கொள்ளலாம். ஆற்றல் அழிவின்மை விதி, உந்தம் மாறாக் கோட்பாடு ஆகியவற்றோடு ஐன்ஸ்டைனின் சார்புக் கோட்பாடு களையும் பயன்படுத்திப் புதிய அலை நீளத்திற்கான சமன்பாட்டைக் காம்ப்டன் நிறுவினார். அதன்படி,

$$\lambda^1 = \lambda + \frac{2h}{m_oC} \mathrm{Sin}^2 \frac{\phi}{2}$$

$$\lambda^1 - \lambda = \frac{2h}{m_oC} \mathrm{Sin}^2 \frac{\phi}{2}$$

$$d\lambda = \frac{2h}{m_oC} \mathrm{Sin}^2 \frac{\phi}{2}$$

λ^1 என்பது புதிய அலை நீளம்; λ என்பது படுகற்றையின் அலை நீளம்; h என்பது பிளாங்க் மாறிலி; m_o என்பது எலெக்ட்ரானின் அசையாநிலை நிறை C என்பது ஒளியின் திசைவேகம்; ϕ என்பது சிதறல் கோணம். இங்கு ஏற்படும் அலை நீளமாற்றம் படுகதிரையோ, சிதறச் செய்யும் பொருளையோ பொறுத்தது அன்று என்பதையும், அதன் மதிப்பு முற்றிலும் சிதறல் கோணமாகிய ϕ யை மட்டுமே பொறுத்திருக்கிறது என்பதையும் காணலாம்.

1) $\phi = 0$ என்றால் $d\lambda = 0$ ஆகும். அதாவது $\lambda^1 = \lambda$ ஆகும். எனவே ஓரினச் சிதறல் ஏற்படும்.

2) $\phi = 90°$ என்றால் $\mathrm{Sin}^2 \frac{90}{2} \cdot \sin^2 45 = \frac{1}{2}$

ஆகும்.

$$\text{எனவே } d\lambda = \frac{h}{m_o C} \text{ ஆகும்.}$$

இது ஒரு மாறிலி. இதைக் காம்ப்டன் அலை நீளம் என்பர்.

$$3)\ \varphi = 180^\circ \text{ என்றால் } d\lambda = \frac{2h}{m_o C} \text{ ஆகும்.}$$

எலெக்ட்ரான்கள் அனைத்துமே கட்டற்ற நிலையில் இருப்பன அல்ல.

படு ஃபோட்டான் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரானுடன் மோதுவதாகக் கொண்டால் அதன் ஆற்றல் அந்த எலெக்ட்ரானை வெளியேற்றப் போதுமானதாக இல்லாதபோது அது அணுவுடன் மோதுவதாகவே கொள்ளவேண்டும். அப்போது $d\lambda$ க்கான சமன் பாட்டில் m_o க்குப் பதில் அணுவின் எடை M ஐப் பதிலீடு செய்யவேண்டும்.

$$d\lambda = \frac{2h}{MC} \sin^2 \frac{\varphi}{2} \text{ என ஆகும்.}$$

M மிகவும் பெரியதானால் $d\lambda$ கணக்கிடமுடியாத அளவு குறைந்துவிடும். அதாவது சிதறிய கதிரின் அலை நீளத்திற்கும் படுகதிர் அலை நீளத்திற்கும் வேறுபாடு இல்லாமல் போய்விடும். இதுவும் ஓரியல் (coherent) சிதறல்தான். படுகதிரின் அலை நீளத்துடன் புதிய அலை நீளமும் காணப்பட்டால் அச்சிதறல் ஓரியலற்ற சிதறலாகும்.

காம்ப்டன் தன் ஆய்வுக்கு மாலிப்டினம் $K\alpha$ வரியை எடுத்துக்கொண்டார். அதன் அலை நீளம் 0.708 A° ஆகும். ஆய்வுச் சாலையில் செய்முறையின் போது 90° சிதறல் கோணத்தில் கிடைத்த புதிய அலைநீளம் 0.730 A° ஆக இருந்தது. எனவே $d\lambda = 0.730 - 0.708 = 0.022$ A° ஆகும். வாய்பாட்டின் படி $\varphi = 90^\circ$ ஆக இருக்கும்போது $d\lambda = \frac{h}{m_o C}$ ஆகும். இதன் மதிப்பு 0.024 A° ஆகும். செய் முறையில் பெற்ற முடிவு, கொள்கை வழிக்கணக்கிட்ட முடிவுடன், வியக்கத்தக்க அளவு ஒத்திருந்தது. மேலும் $K\beta$ வரியைப் பயன்படுத்திச் செய்த ஆய் விலும் $d\lambda = 0.022$Å ஆகவே இருந்தது.

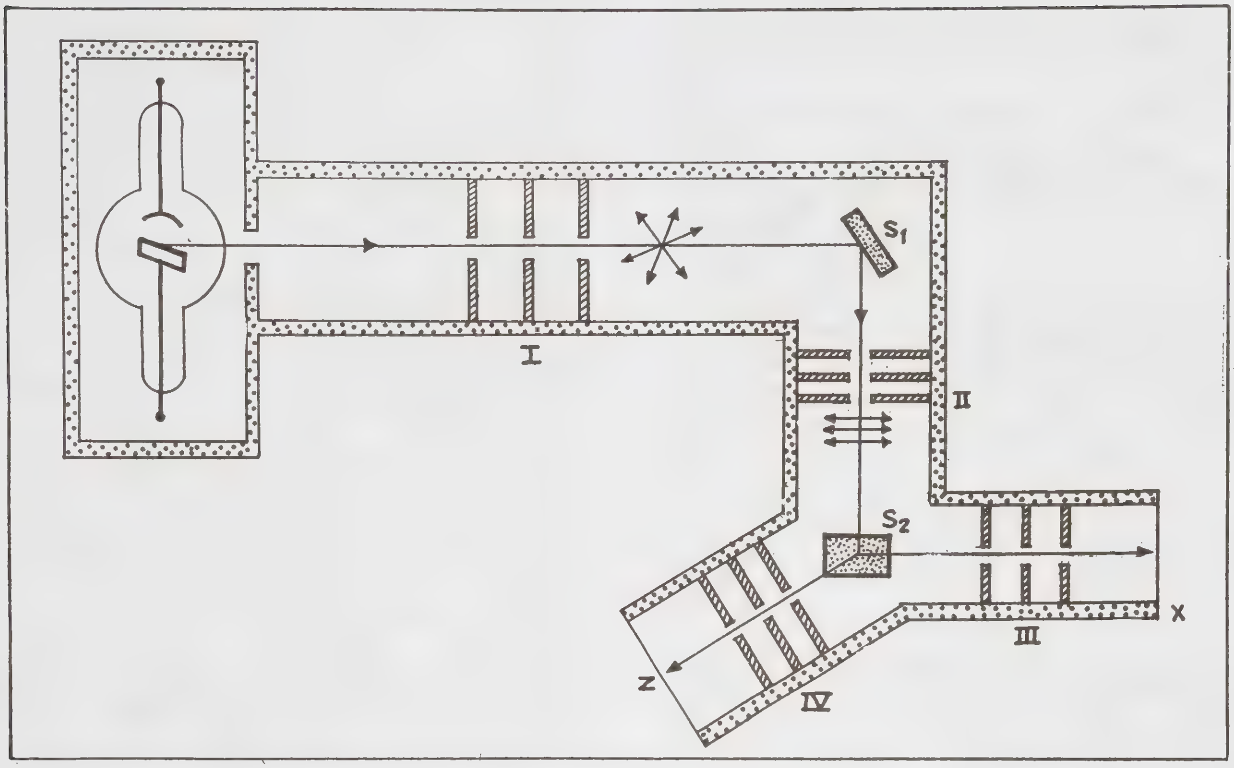
பொதுவாகக் குறைந்த அணு எண் கொண்ட தனிமங்களைக் கொண்டு சிதறச் செய்யும்போது புதிய அலை நீளங்களைக் கொண்ட ஓரியலற்ற சிதறலும், கனமான அதிக அணு எண் கொண்ட தனிமங்களைக் கொண்டு சிதறச் செய்யும் போது புதிய அலை நீளமில்லாத ஓரியல் சிதறலும் ஏற்படு கின்றன.

எக்ஸ்-கதிர் முனைவாக்கம். அலைகள் குறுக்கு அலைகளா, நெடுக்கு அலைகளா என்பதை முனை வாக்கம் கொள்ளும் நிகழ்ச்சியால் அறுதியிடலாம். குறுக்கு அலைகள் மட்டுமே முனைவாக்கம் கொள்ளும் நிகழ்ச்சியை உண்டாக்குகின்றன. பார்க்லா என்பார் தம் ஆய்வுகள் மூலம் எக்ஸ் கதிர்கள் முனைவாக்கம் கொள்வதை எடுத்துக்காட்டி அவை குறுக்கு அலை களே என நிலை நாட்டினார்.

எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள் X அச்சுக்கு இணையான கோட்டில் அமைக்கப்பட்ட பல பிளவுகளால் (I) (slits) மெல்லிய கற்றையாக்கப் பட்டு S_1 என்னும் சிதறச் செய்யும் பொருளின் மீது பட்டு எல்லாத் திசைகளிலும் சிதறுகின்றன. Y அச்சுக்கு இணையான திசையில் சிதறிய கதிர்களை மட்டும் எடுத்துக் கொள்வதற்கு ஏற்றவாறு பிளவுகள் II அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

இவ்வாறு Y அச்சுக்கு இணையாகப் பெறப்பட்ட கதிர்கள் S_2 என்ற மற்றொரு சிதறச் செய்யும்பொருள் மீது படுகின்றன. அங்கிருந்து X அச்சுக்கு இணை யாகச் சில பிளவுகளும் (III), Z அச்சுக்கு இணை யாக மேலும் சில பிளவுகளும் (IV) அமைக்கப்பட்டி ருக்கின்றன. இவை S_2 ஆல் சிதறப்பட்ட கதிர்களில் X அச்சுக்கு இணையாக வருபவற்றையும், Z அச்சுக்கு இணையாக வருபவற்றையும் எடுத்துக்கொள்ள உதவுகின்றன. இவ்வாறு X திசையிலோ, Z திசை யிலோ வந்தடையும் கதிர்களை ஆய்வு செய்ய அயனிக்கலம் அல்லது ஒளிப்படத் தகடு அல்லது ஒளிர் திரை ஆகியவற்றில் ஒன்றைப் பயன்படுத்தலாம். மேற்கூறியவாறு ஆய்வு செய்தபோது S_2 இலிருந்து X திசையில் வெளிவந்த கதிர்களின் செறிவு பெரும நிலையிலும் Z திசையில் வெளிவந்த கதிர்களின் செறிவு ஏறக்குறைய சுழி அளவிலுமிருந்தன.

இந்நிகழ்ச்சியில் எக்ஸ்கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவந்த கதிர்க்கற்றை X அச்சுக்கு இணையான திசையில் S_1 இல் பட்டுச் சிதறி முனைவாக்கம் கொண்ட கதிர்களாக Y அச்சின் திசையில் வெளி வருகின்றன. ஆகவே S_1 முனைவாக்கப்படுத்தும் பொருளாகச் செயற்படுகிறது. இவ்வாறு முனை வாக்கம் கொண்ட கதிர்கள் S_2 இல் பட்டு X திசை யில் மட்டுமே சிதறலடைந்து செல்வதையும் Z திசை யில் சிதறலடைந்து செல்லாததையும் அறியலாம். X மற்றும் Z திசைகள் இரண்டுமே Y திசைக்கு 90° இல் அமைந்தவைதாம் என்றாலும் அக்கதிர்கள் S_2 ஆல் X திசையில் மட்டுமே சிதறலடையக் காரண மாக அக்கதிர்கள் S_2 இன் மீது படுவதற்கு முன்பே முனைவாக்கம் கொண்டிருக்கின்றன என்பதையும், அவ்வாறு முனைவாக்கம் கொண்ட கதிர்களை ஆய்வு செய்யும் பொருளாக S_2 செயற்படுகிறது என்பதையும் அறியலாம்.



படம் 11

பார்க்லாவின் தொடக்க ஆய்வில் முனைவாக்கம் கொண்ட கதிர்களின் செறிவு மிகக் குறைவாக இருந்தது. செறிவை மிகுவிக்க எண்ணிப் பிளவுகளின் அகலத்தை மிகுவித்தால் 90° க்கு இருபக்கமும் உள்ள முனைவாக்கம் கொள்ளாக் கதிர்களும் வந்துவிடுகின்றன. இதனால் ஆய்வின் நோக்கமே வீணாகின்றது. ஆனால் இந்த ஆய்வு Y அச்சின் திசையில் சிதறிய கதிர்கள் 75% அளவுக்கு முனைவாக்கம் கொண்டிருந்தன எனக் காட்ட உதவும்.

பார்க்லாவைத் தொடர்ந்து காம்ப்டன், ஹாகிநோ போன்றோர் இம்முறையில் முன்னேற்றங்களைச்செய்து செறிவான கதிர்களைத் தோற்றுவித்து எக்ஸ் கதிர்கள் 100% முனைவாக்கம் கொள்வதை நிலை நாட்டினர்.

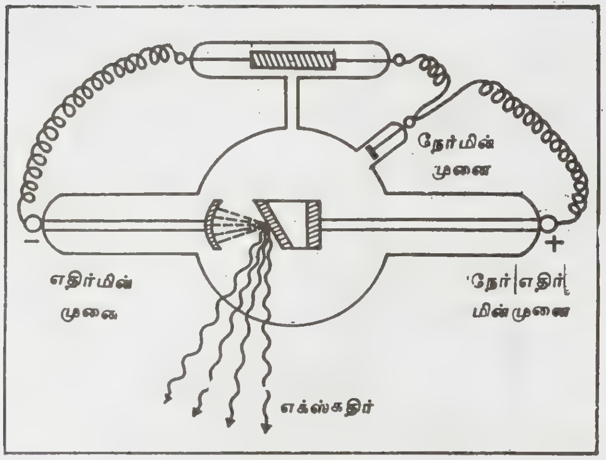
- கா.வே. சுப்பிரமணியன்

எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்

எக்ஸ் கதிர்களை உற்பத்தி செய்ய எக்ஸ் கதிர்க் குழாய் (x-ray tube) என்ற கருவி பயன்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்களை உயர் வேகங்களுக்கு முடுக்கி, உலோகத்தாலான ஓர் இலக்கால் (target) அவற்றைத் தடுக்கும்போது, அவற்றின் இயக்க ஆற்றலின் மிகச் சிறிய பகுதி (ஏறக்குறைய 1%), மின்காந்த அலைக் குடும்பத்தில், புறஊதாக் கதிர்களைவிடக் குறைந்த அலை நீளமுடையனவும், காமாக் கதிர்களைவிட அதிக அலைநீளமுடையனவும் ஆன எக்ஸ் கதிர்களாக வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வியற்பியல் உண்மையின் அடிப்படையிலேயே, எக்ஸ் கதிர்களை உற்பத்தி செய்யும் எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்கள் செயல்படுகின்றன. முடுக்கப்பட்டுச் செலுத்தப்படும் உயர் வேக எலெக்ட்ரான்களுக்கும், இலக்கின் அணுவில் உள்ள எலெக்ட்ரான் மற்றும் அணுக்கருக்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் வினை காரணமாக இந்த எக்ஸ் கதிர்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. உயர்வேக எலெக்ட்ரான்களுக்கான, எலெக்ட்ரான் கற்றையை உற்பத்தி செய்து கொள்ளும் வழிமுறையில் காணப்படும் வேறுபாடு காரணமாக, எக்ஸ்கதிர்க் குழாய்களைப் பொதுவாக இருவகைப்படுத்தலாம். அவற்றை வளிமக் குழாய் என்றும், உயர் வெற்றிடக் குழாய் என்றும் கூறுவர்.

வளிம எக்ஸ் கதிர்க் குழாயின் வடிவமைப்பு படம்-1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் கண்ணாடியாலான

குமிழும் அத்துடன் மூன்று பக்க இணைப்புக் குழாய் களும் இருக்கும். பக்கக் குழாய் ஒன்றில், குழியாடி



படம் 1.

வடிவில் அலுமினியத்தாலான மின்முனை பொருத்தப் பட்டிருக்கும். இது எதிர்மின்முனையாகச் செயல் படுகின்றது. இதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப் படும்போது அவை, நேர் எதிராகவுள்ள பக்கக்குழா யில் வரும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைக்கு 45° கோணத்தில் சாய்வாக இருக்குமாறு பொருத்தப் பட்டுள்ள, உலோகத்தாலான இலக்கில் குவிக்கப்படு கின்றன. நேர் எதிர்மின்முனை எனப்படும் இவை பொதுவாக உயர் அணுவெண், உயர் உருகுநிலை, உயர் கடத்தும் திறன் கொண்ட டங்ஸ்டன், பிளாட்டினம் போன்ற உலோகங்களால் செய்யப் பட்டிருக்கும். செம்பு அல்லது மாலிப்பிட்டினம் இவற்றால் ஆன உலோகத் தண்டின் முனையில், சிறிய செங்கல் வடிவில் டங்ஸ்டன் உலோகம் பொருத்தப்பட்ட அமைப்பு நேர் எதிர் மின்முனை யாகப் பயன்படுகின்றது. எலெக்ட்ரானின் ஆற்றலில் சிறிய பகுதி மட்டுமே எக்ஸ் கதிர்களாக மாறுவதால், எஞ்சிய பெரும் பகுதி வீணாகின்றது. இது இலக்கை விரைவில் சூடுபடுத்தி விடுகின்றது. இதனால், இலக்கைத் தக்க வழிமுறைகளால் குளிர்வூட்ட வேண்டியுள்ளது. கதிர்வீசும் ஊசி முனைகளைக் (radiating fins) கொண்டும், குளிர்நீரை, நேர் எதிர் மின் முனையைச் சுற்றியுள்ள உறையொன்றின் வழியாகத் தொடர்ந்து எடுத்துச் சென்றும் இலக்கை ஓரளவு குளிர்வூட்ட முடியும்.

மூன்றாம் பக்கக் குழாயில் நேர்மின்முனை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது இலக்குடன் மின் னிணைப்புச் செய்யப்பட்டிருக்கும். குழாயினுள் வளிம அழுத்தம் ஏறக்குறைய 10^{-2} மி.மீ. பாதரசம் என்ற அளவிலும், மின்முனைகளுக்கிடையே செயல்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு 40,000-50,000 வோல்ட் என்ற அளவிலும் இருக்கும். அப்போது மின்னிறக் கத்தின் காரணமாக வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்பட்டு இலக்கின்மீது குவிக்கப்படுவதால், எக்ஸ் கதிர்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. தனி நேர் மின்முனையைப் பயன்படுத்துவதால், மின்னி றக்கம் மென்மையாக இருப்பதுடன், வெளிப்படும் எக்ஸ் கதிர்களின் செறிவும் சீராக இருக்கின்றது. உற்பத்தி செய்யப்படும் எக்ஸ் கதிர்களின் தன்மை, உண்மையில் குழாயினுள் இருக்கும் வளிம அழுத்தத் தின் அளவு, கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு இவற்றைப் பொறுத்திருக்கும். வெற்றிடம் குறை வாக இருக்கும்போது (10^{-3} மி.மீ. பாதரசம்), மின்னிறக்கத்தை ஏற்படுத்த ஓரளவு தாழ்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு போதுமானது. அப்போது வெளிப்படும் எக்ஸ் கதிர்கள் ஓரளவு ஊடுருவுந்திறன் குறைந்தனவாக இருக்கின்றன. இந்த எக்ஸ் கதிர் களை மென் எக்ஸ் கதிர்கள் (soft x-rays) என்பர். வெற்றிடம் அதிகமாகும்போது (10^{-4} மி.மீ. பாதரசம்) வளிமக் குழாயைச் செயலூட்ட உயரளவு மின்னழுத்த வேறுபாடு தேவைப்படுகின்றது. அப்போது உற்பத்தி செய்ய்படும் எக்ஸ் கதிர்கள் ஊடுருவுந்திறன் மிக்கனவாக இருப்பதால், அவற்றை வன் எக்ஸ் கதிர்கள் (hard x-rays) என்பர்.

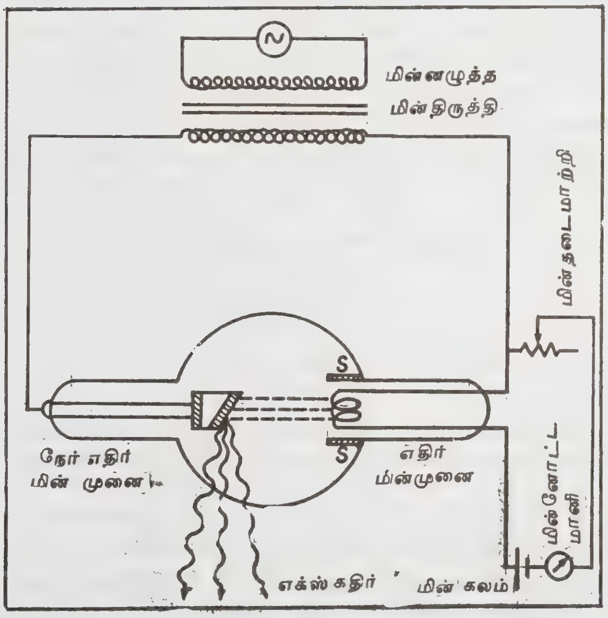
ஒரு வளிமக் குழாயைப் பயன்படுத்தும்போது, வளிமம் அயனியாக்கத்திற்கு உள்ளாவதால், அதனால் உண்டாகும் நேர்மின் அயனிகள் தொடர்ந்து வெளி யிலிருந்து நீக்கப்படுகின்றன. இது அழுத்தம் தாழ் வுறக் காரணமாக இருப்பதால், வளிமக் குழாயைத் தொடர்ந்து செயல்படுத்தக் கூடுதலான மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. குழாயினுள் அழுத்தம் படிப்படியாகக் குறைந்து மிகவும் தாழ்வுற்ற பிறகு, வளிமக் குழாயில் மின் னிறக்கத்தை நிலைப்படுத்த முடியாமற்போவதால் குழாய் பயனற்றுவிடுகின்றது. குழாயை மென்மைப் படுத்தி மீண்டும் பயன்படுத்தலாம். ஒருசில வளி மத்தைத் தன்னுள் அடக்கிக் கொண்டுள்ள பிளாட் டினமூட்டப்பட்ட கல்நாரை (platinised asbestos), மற்றொரு பக்கக் குழாயினுள் வைத்துச் சூடுபடுத்த, பொதிந்துள்ள வளிமம் வெளிப்படுத்தப்பட்டு வளிமக் குழாயை அடைகின்றது. இதனால், குழாயினுள் வளிம அழுத்தம் ஓரளவு அதிகரிக்கின்றது என்ப தால், அக்குழாயை மீண்டும் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடிகின்றது.

செயல்படும் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும் போது, அயனியாக்கம் அதிகரிப்பதால் எக்ஸ் கதிரின் செறிவும் அதிகரிக்கின்றது. அதேசமயத்தில், இலக் கைத் தாக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலும் அதிகரிப்பதால், எக்ஸ்கதிர்கள் ஊடுருவுந்திறன் மிக்கனவாக இருக்கின்றன. இதனால் வளிமக்

குழாய்களில், எக்ஸ்கதிர்களின் செறிவையும், வன்மென் தன்மையையும் தனித்தனியாக மாற்றிக் கொள்ள இயலாததாக இருக்கின்றது.

உயர் வெற்றிடக் குழாய். வளிமக் குழாயில் காணப்படும் குறைபாடுகளுக்கு, அதிலுள்ள வளிமத்தை நிலைப்படுத்துவதில் உள்ள சிக்கலும், நேர் மின் அயனிகளின் மோதல்களில் காணப்படும் சீர்மையின்மையும் காரணமாக விளங்குகின்றன. இக்குறைபாட்டை உயர் வெற்றிடக் குழாயைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் தவிர்க்கலாம் என்பதை 1913 இல் கூலிட்ஜ் என்ற அமெரிக்க அறிவியலார் கண்டறிவித்தார். இதில் மின்னிறக்கத்தினால் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்குப் பதிலாக வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்கள் பயன்படுகின்றன.

கூலிட்ஜ் எக்ஸ் கதிர்க்குழாயின் வடிவமைப்பு படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் குழாய் ஏறக்குறைய முழுதும் வெற்றிடமாக்கப்பட்டிருக்கும். சுருள்வில் வடிவில் உள்ள டங்ஸ்டன் இழை இதில் எதிர்மின்முனையாகப் பயன்படுகின்றது. ஒரு மின் கலத்தின் மூலம் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்த, வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்கள் இதிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன. எதிர்மின்முனைக்கு எதிராக உள்ள, செம்பு அல்லது மாலிப்பிடினத்தாலான தண்டில் பதிக்கப்பட்டுள்ள டங்ஸ்டன் இலக்கில் இவ்வெலெக்ட்ரான்கள், இவ்விரு மின்முனைகளுக்கிடையே செயல்படும் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் முடுக்கப்பட்டு விழுகின்றன. டங்ஸ்டன் இழையைச் சுற்றி உருளை வடிவத் தடுப்புமுறை பொருத்தப்பட்டு, மின் இழைக்கு எதிர்மின் அழுத்தத்தில் இருக்குமாறு மின்னிணைப்புச் செய்ய, விலகு விசையால், எலெக்ட்ரான்கள் இழையிலிருந்து குவிக்கப்பட்டு இலக்கை எட்டுகின்றன. அப்போது எக்ஸ் கதிர்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.



படம் 2. கூலிட்ஜ் எக்ஸ் கதிர்க்குழாய்

நேர் எதிர் மின்முனை, இழைக்கு நேர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும் ஓர் அரைச்சுற்றில் மட்டும் எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கை நோக்கிச் செல்வதால், பயன்படுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்னோட்ட அலைவு நேரத்தின் பாதிக்காலத்தில் மட்டும் எக்ஸ் கதிர்க்குழாய் செயலாற்றக் கூடியதாக இருக்கின்றது. தக்க மின் திருத்திகளைக் (rectifier) கொண்டு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை ஒருதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றி, விளையும் ஒருதிசை மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தி, எக்ஸ்கதிர்க் குழாயிலிருந்து தொடர்ச்சியாக எக்ஸ் கதிர்களை உற்பத்தி செய்யலாம். கதிர் வீச்சு மருத்துவமுறைகளுக்குப் பயன்படும் எக்ஸ்கதிர்க் குழாய்களுக்கு 1, 00,000 வோல்ட் வரையிலும் தொழில் துறைப் பயன்களில் 1,000,000 வோல்ட் வரையிலும் தேவைப்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர்க் குழாயைத் தொடர்ச்சியாகப் பயன்படுத்தும்போது, தக்க குளிர்வூட்டு அமைப்புகளை ஏற்படுத்தி, இலக்கைக் குளிர்வூட்ட வேண்டியது மிகவும் அவசியமானதாகும். மின் இழைவழிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தை மாற்றி, எக்ஸ் கதிரின் செறிவையும், மின்முனைகளுக்கிடையே செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை மாற்றி எக்ஸ் கதிரின் ஆற்றலையும் தனித்தனியே மாற்றிக் கொள்ள முடியும் என்பதால் கூலிட்ஜ் எக்ஸ் கதிர்க்குழாய், வளிமக் குழாயைவிட மிகுந்த பயனுள்ளதாக இருக்கின்றது. மேலும் இதன் வாழ்வு மிகுதியாக இருக்கின்றது.

நிலை மின் புலத்தால், எதிர்மின்முனையிலிருந்து புல மின்னோட்டம் (field current) ஏற்படக்கூடாது என்பதற்காக, இவ்வகைக் குழாய்களில் மின்னிறக்கம் ஒரு வரம்பிற்கு உட்பட்டவாறு இருக்கும். பொதுவாகப் புல மின்னோட்டம் தாறுமாறான கட்டுப்பாட்டிற்கு உட்படாத ஒரு தன்மையை எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்களில் ஏற்படுத்தும்.

சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்கள். வளிமக் குழாய், கூலிட்ஜ் குழாய் தவிர, சில சிறப்பு வகை எக்ஸ் கதிர்க் குழாய்களும் இப்போது பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றில் எக்ஸ் கதிர்களைப் புல மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமாகும் எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு உற்பத்தி செய்கின்றனர்.

துகள் முடுக்கியைக் (part:cle accelerator) கொண்டு எலெக்ட்ரான் கற்றையை முடுக்கி, நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் இலக்கின் மீது மோதும்படிச் செய்து, எக்ஸ் கதிர்களை உருவாக்க முடியும். இதற்குப் பீட்டாட்ரான் (Betatron) எனும் துகள்

முடுக்கி பயன்படுகின்றது. காண்க, பீட்டாட்ரான், துகள் முடுக்கிகள்.

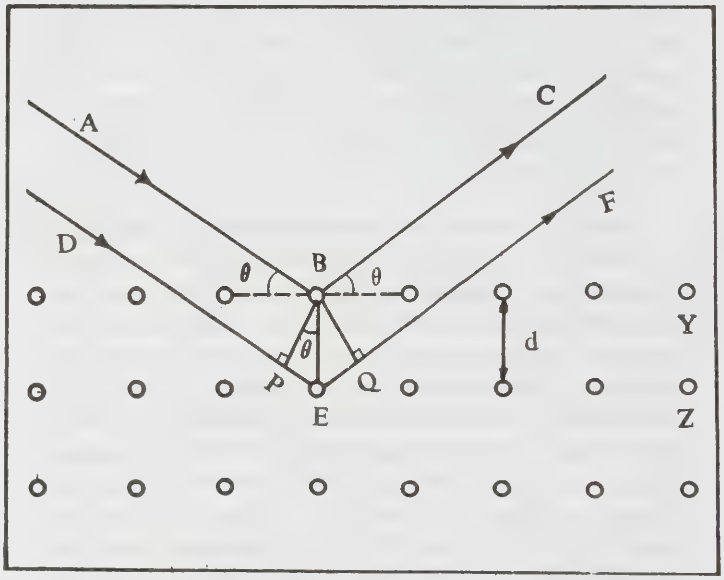
- மெ. மெய்யப்பன்

எக்ஸ் கதிர்க் கோட்டம் (விளிம்பு விளைவு)

படிகங்கள் எக்ஸ் கதிர்களுக்குக் கீற்றணி போன்று செயல்படுகின்றன. படிகங்களின் மீது எக்ஸ் கதிர்கள் விழும்போது படிகங்களிலுள்ள அணுக்கள் எக்ஸ் கதிர்களைக் கோட்ட விளைவிற்கு உள்ளாக்கி, பல கோட்டப்புள்ளிகளை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வாறு படிகங்களால் எக்ஸ் கதிர்கள் கோட்டமாக்கப்படு கின்ற முறைக்கு எக்ஸ் கதிர்க் கோட்டம் (X-ray diffraction) என்று பெயர். இம்முறையைப் பயன் படுத்திப் படிகங்களின் கட்டமைப்புகளைக் கண்டறிய லாம் என வோன் லாவே என்பவரும் (1912) பிராக் குழுவினரும் அறிவுறுத்தினர்.

ஆனால் வோன் லாவேயின் விளக்கப்படி, அணு விலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் எக்ஸ் கதிர்களைச் சிதறும் படிச் செய்வதால் அணுக்கள் சிதறடிக்கும் மையங் களாகச் செயல்படுகின்றன. இதன் காரணமாக முதலாம், இரண்டாம் வரிசைக் கோட்ட விளைவு ஏற்பட்டு அதற்கான கோட்டப் புள்ளிகள் ஏற்படுத் தப்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளம் 10^{-8} செ·மீ. (1 Å) அளவில் இருப்பதாலும் அணுக் களின் பரிமாணமும் இதே அளவில் இருப்பதாலும் கோட்டவிளைவிற்கான நிபந்தனைகள் நிறைவாக்கப் பட்டுக் கோட்ட விளைவு எளிதில் ஏற்படு கின்றது. ஆகையால் இம்முறைகள் படிகங் களின் பகுப்பாய்வுகளை நுட்பமாகச் செய்யப் பேருதவியாக உள்ளன. ப்ராக் என்பவர் எக்ஸ் கதிர்க் கோட்ட விளைவைச் சிறிது வேறுபட்ட வகையில் அணுகி, ஆனால் வோன்லாவேயின் சமன்பாட்டிற்கு முற்றிலும் ஒன்றுபடக்கூடிய ஒரு சமன்பாட்டைப் பெற்றார். பிராக்கின் விளக்கப்படி, படிகத்தின் அணுக்களின் தளங்களிலிருந்து எக்ஸ் கதிர்கள் எதிர் ஒளிக்கப்படுகின்றன என்று கருதப்பட்டது.

பிராக் விதி. பிராக் என்பவரும் அவர்தம் புதல் வரும் எக்ஸ் கதிர்க் கோட்ட விளைவுகளை மிக நுட்ப மாக ஆராய்ந்தறிந்தனர். படிகத்திலுள்ள அணுத் தளங்களில் எக்ஸ் கதிர்கள் விழும்போது ஒவ்வோர் அணுவும் சிதறும் கதிர் வீச்சுகளை அதே அலை நீளங்களில் ஏற்படுத்துகின்றது. இதனால் ஒரு படிகம் பல இணையான எதிரொளிப்புத் தளங்களை உடைய தாகச் செயல்படுகிறது. எதிரொளிக்கப்படும் கற்றை யின் ஒளிச்செறிவு சில கோணங்களில் பெரும அளவிலும், சில கோணங்களில் சிறும அளவிலும் இருக்கும். இரு அணுத்தளங்களில் இருந்து எதிரொளித்து வரும் அலைகளின் கட்ட வேறு பாடு முழு எண் மதிப்புள்ள எக்ஸ் கதிர் அலை நீளத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்போது பெரும் மதிப்பில் ஒளிச்செறிவு உண்டாகின்றது. இதன் அடிப்படையில் கீழ்க்காணுமாறு பிராக் விதி பெறப்படுகிறது.



படத்தில் YZ என்பன படிகத்திலுள்ள இணை யான இரு அணுத்தளங்களாகும். மாறாத அலை நீளம் λ உள்ள எக்ஸ் கற்றை இத்தளங்களில் விழுந்து முறையே BC, EF திசைகளில் எதிரொளித் துச் சென்றால். இரு தளங்களின் இடைவெளி d எனவும் θ என்பது மீள் கோணமாகவும் இருக்கும் போது பிரதிபலிக்கும் இரு கதிர்களுக்கு (BC, EF) இடையேயுள்ள பாதை வேறுபாடு PE ₇ EQ ஆகும்.

$$\text{ஆனால் } PE = BE \sin\theta$$

$$EQ = BE \sin\theta$$

$$BE = d$$

முழுப்பாதை வேறுபாடு $(n\lambda) = 2d \sin\theta$ பெரும ஒளிச் செறிவுக்கான நிபந்தனையின்படி,

$2d\sin\theta = n\lambda$, $n = 1, 2, 3, 4$ .... இச்சமன்பாடு பிராக் விதியைக் கொடுக்கிறது. இவ்விதியைப் பயன் படுத்தி, எக்ஸ் கதிரின் அலைநீளம் λ இன் மதிப்பும், மீள்கோணம் θ மதிப்பும் தெரிந்தால், அணுத்தளங் களின் இடைவெளி d இன் மதிப்பைத் தெரிந்து

கொள்ளலாம். d உம், θ உம் தெரிந்திருந்தால் எக்ஸ் கதிரின் அலைநீளம் λ இன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டு அறியலாம்.

எக்ஸ் கதிர்க்கோட்ட விளைவைப் பயன்படுத்தும் ஆய்வுகள்

எக்ஸ் கதிர்க் கோட்ட விளைவுகளைப் பயனுள்ள முறையில் செயல்படுத்தவும், பிராகின் விதியை நிறைவு செய்யவும் தொடர்ச்சியான நெடுக்கமுள்ள அலை நீளம் அல்லது θ களின் மதிப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. லாவே முறை, சுழலும் படிக முறை, தூள் (அல்லது) பொடி முறை ஆகிய மூன்று செந்தரமான முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

லாவே முறை. ஒரு தனிப்படிகத்தில் எல்லா இடத்திலும் கட்டமைப்பு ஒன்றாகவே அமைந்திருக்கும். படிகம் நிலையாக வைக்கப்பட்டு, அதன் மீது தொடர்ச்சியான அலை நீளமுள்ள எக்ஸ் கதிர் கற்றை விழும்படிச் செய்யப்படுகிறது. பிராகின் விதிக்கு இந்த எக்ஸ் கதிரின் அலை நீளத்தைத் தேர்ந்து அதற்கொத்த θ வின் மதிப்பு சரியாகின்றபோது d இன் மதிப்பும் சரியாக்கப்படுகிறது. கோட்ட விளைவுப் புள்ளிகளின் ஒளிச்செறிவு பெரும மதிப்பாக இருக்குமாறு செய்யப்படும்பொழுது பிராகின் விதி முழுமையாகச் சரியாக்கப்படுகிறது.

சுழலும் படிக முறை. மாறாத அலை நீளமுடைய ஓர் எக்ஸ் கதிர்க் கற்றையில் ஒரு தனிப்படிகத்தை ஒரு நிலையான அச்சில் சுழலும்படிச் செய்யும்போது θ வின் மதிப்பு மாறிக் கொண்டே வருவதால் படிகத்தின் பல்வேறு அணுத்தளங்கள் பிரதிபலிப்பின் பால் கொண்டு வரப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட அணுத் தளத்தினால் உண்டாக்கப்படும் கோட்ட விளைவுப் புள்ளிகள் படமாக்கப்படுகின்றன.

தூள் அல்லது பொடி முறை. இம்முறையில் படிகத்தின் பொடியை ஒரு நிலையான தளத்தில் வைத்து அதன் மீது மாறாத அலைநீளமுள்ள எக்ஸ் கதிர்க்கற்றை விழும்படிச் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு வைக்கப்பட்ட பொடியின் மீது எக்ஸ் கதிர் விழும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட தொடக்க அமைப்புள்ள படிகத் தளத்தில் பிராக் விதி நிறைவு செய்யப்பட்டு எதிரொளிப்பு ஏற்படுகிறது.

இம்மூன்று முறைகளும் பழமையானவையானாலும் தற்கால ஆராய்ச்சிக்குத் தக்கவாறு தேவையான சில மாறுபாடுகள் செய்யப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. லாவே முறை படிகத் தொடக்க அமைப்பு, வடிவொப்புத் தன்மை முதலியவற்றை ஆராயவும் இயக்கத் தன்மையாலும் வெப்ப விளைவுக்குட்படுதல் முதலியவற்றாலும் ஏற்படுத்தப்படும் படிக ஒழுங்கற்ற அமைப்புகளைப் படித்தறியவும் நல்ல முறையாகத் திகழ்கின்றது. சுழலும் படிக முறை ஒரு தனிப்படிகத்தின் கட்ட அமைப்பைக் கணக்கிட்டறிய மிகவும் பொருத்தமான முறையாகும். பொடி முறையை உலோகவியல் வேலைக்குப் பெரிதும் பயன்படுத்துகின்றனர். ஏனெனில் இம்முறைக்குத் தனிப்படிகம் தேவையில்லை.

தற்காலத்தில் நவீன கருவிகளைக் கொண்டு கோட்ட விளைவுகள் படமெடுக்கப்பட்டு ஆராயப்படுகின்றன. இவை கோட்ட விளைவு அளவிகள் எனப்படும். இக் கருவிகளில் ஒளிர்ந்து மறையும் புள்ளிகளைக் கணக்கிடும் (scintillation counters) அளவிகள் அல்லது நேர்விகிதக் கணக்கீட்டு அளவுக் குழாய்கள் (proportional counter tubes) பயன்படுத்தப்பட்டுக் கோட்டவிளைவுக் கதிர் வீச்சுகள் தெரிந்து கொள்ளப்படுகின்றன. இம்முறைகளில் தேவையான அனைத்து விவரங்களும் தாமாகவே பதிவு செய்யப்படுகின்றன. இவற்றால் இடமாற்றத் தன்மைகளையும் (dislocations) தனிப்படிகங்களில் உட்புகுத்தப்பட்ட அயனிகளையும் கண்டு கொள்ள முடியும்.

பயன். படிகங்களில் தன்மைகளையும், கட்டமைப்புகளையும் ஆராய்ந்தறிய எக்ஸ் கதிர்க் கோட்ட விளைவு மிகவும் பயன்படுகிறது. கோட்ட விளைவுத் தன்மையைக் குறியீடு செய்து (indexing), அதிலிருந்து ஓரலகு அறையமைப்புத் தன்மையைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். ஒரு திண்மப் பொருளின் மாதிரி எந்தப் படிக அணிக்கோவையைச் சார்ந்தது என்பதை அறியலாம். படிக அணிக்கோவையின் பரிமாணங்கள் அதாவது பக்கங்களின் நீளங்கள் (a, b, c), மற்றும் இவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணங்களின் அளவுகள் (α, β, γ) இவற்றின் மதிப்புகளைக் கணக்கிடலாம். வீழ்படிவுகள், உள்ளடக்கங்கள், இரட்டைகள் முதலியவற்றைக் கண்டு கொள்ளலாம். படிகவியல் தொடர்பான எல்லா விதமான குறைபாடுகளையும், சிதைவுகளையும் இடமாற்றங்களையும், ஸ்டேக்கிங் பால்ட்ஸ் வெற்றிடங்கள் அல்லது சுளியங்கள், ஓரக் கோடுகள் முதலியவற்றையும் கண்டறியலாம்.

- ஆர். வெள்ளைச்சாமி

எக்ஸ் கதிர்-தூள்முறை

எக்ஸ் கதிர் ஆய்வில் பயன்படும் லாவே சுழல்வுறு படிக முறைகளுக்கு ஓரினப்படிகங்கள் தேவையானவையாகும். இம்முறைகளுக்குத் தேவையான படிகங்களைத் தகுந்த அளவில் உருவாக்கிக் கொள்வது சில பொருள்களுக்கு மட்டுமே இயலக் கூடியதாக இருக்கின்றது. பல பொருள்கள் பெரிய படிகங்களாகத் தோன்றுவதில்லை. இதற்குத் தூள் முறை என்ற புதிய வழிமுறையை 1916இல் டிபை, ஸ்க்ரெர், ஹல் ஆகிய அறிவியலார் நெறிப் படுத்தினர்.

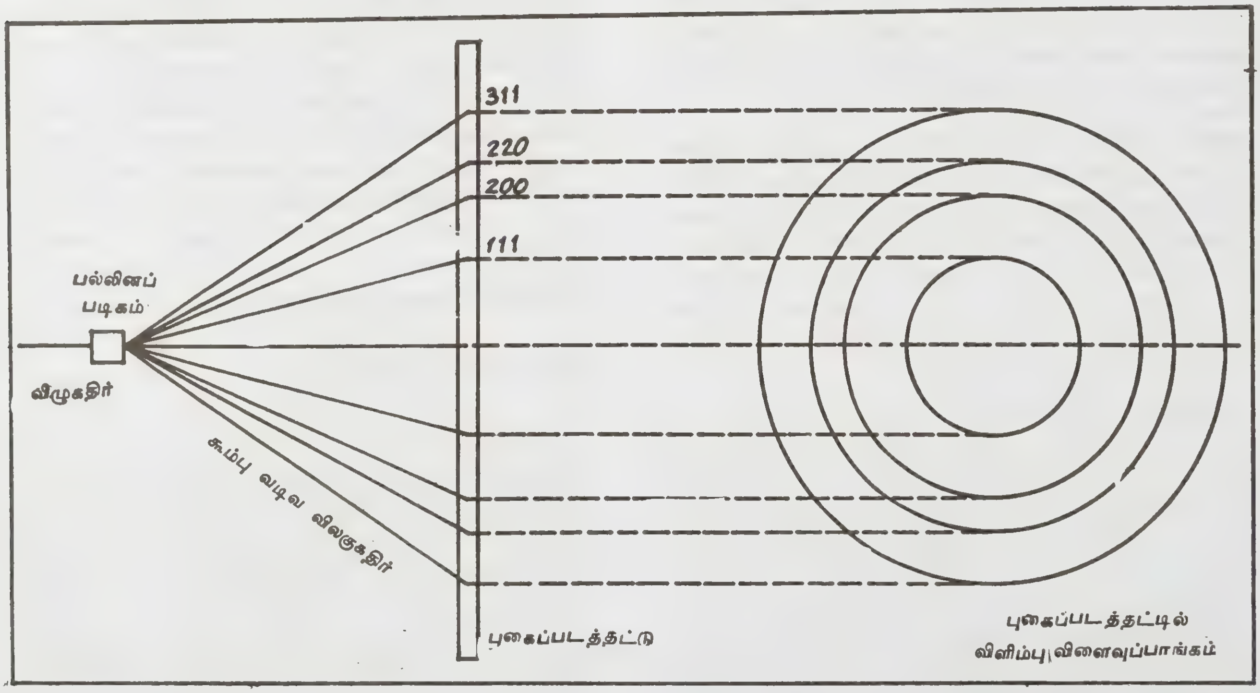
இதில் விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்தும் பொருள் நுண்துகள்களாகப் பொடி செய்து கொள்ளப்படுவதால், அதைப் பன்னிலை நுண் படிகங்களாகக் கருதலாம். எண்ணிறந்த படிகங்கள் இருப்பதாலும் அவற்றின் திசையமைவு தாறுமாறாகச் சிதறியவாறு காணப்படுவதாலும், நுண்படிகங்களுள் குறிப்பிட்ட திசையமைவுடன் கூடிய ஒரு நுண்படிகத் தொகுதி, அவற்றில் உள்ள ஒரு வகையான இணைப் படிகத் தளங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளமுடைய எக்ஸ் கதிரின் விளிம்பு விலக்கத்திற்கு ஏற்றவாறு அமைந்திருக்கலாம். இதுபோல மற்றொரு நுண் படிகத் தொகுதியில் மற்றொரு வகையான இணைப் படிகத் தளங்கள் அதே குறிப்பிட்ட அலை நீளமுடைய எக்ஸ் கதிர்களின் விளிம்பு விளைவிற்கு ஏற்றவாறு அமையலாம். இங்கு படிகத் தளவிடைத் தொலைவும், விலகுகோணமும் வரையறைக்கு உட்பட்ட தொரு வகையில் ஒன்றுக்கொன்று ஏற்ற வகையில் அமையப்பெற்றுப் பிராக் விதிக்கு ஏற்ப விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன.

இதில் பலவகையான படிக இணைத்தளங்களில் எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதுடன், பல வரிசைப்படிகளிலும் ஏற்படக்கூடிய வாய்ப்பு உள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட விலகு கோணத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய நுண் படிகங்களின் அச்சு ஒரு சிறிய கூம்பு முனையில் அமையப்பெற்றிருக்கின்றது என்பதால், விலகு எக்ஸ் கதிர்கள் ஒரு கூம்பு வடிவில் வெளியேறுகின்றன (படம். 1). எனவே ஒவ்வொரு படிக இணைத்தளத்திற்கும் ஒரு தனிச்சிறப்புள்ள கூம்பு போன்ற விலகு கதிரின் அமைப்பு உண்டு. ஒரு புகைப்படச் சுருளை அதன் தள விலகு கதிருக்குச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு செய்து கொண்டால், கூம்பு வடிவ விலகு கதிர்கள் ஒரு மைய வட்டத் துண்டுக் கோடுகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

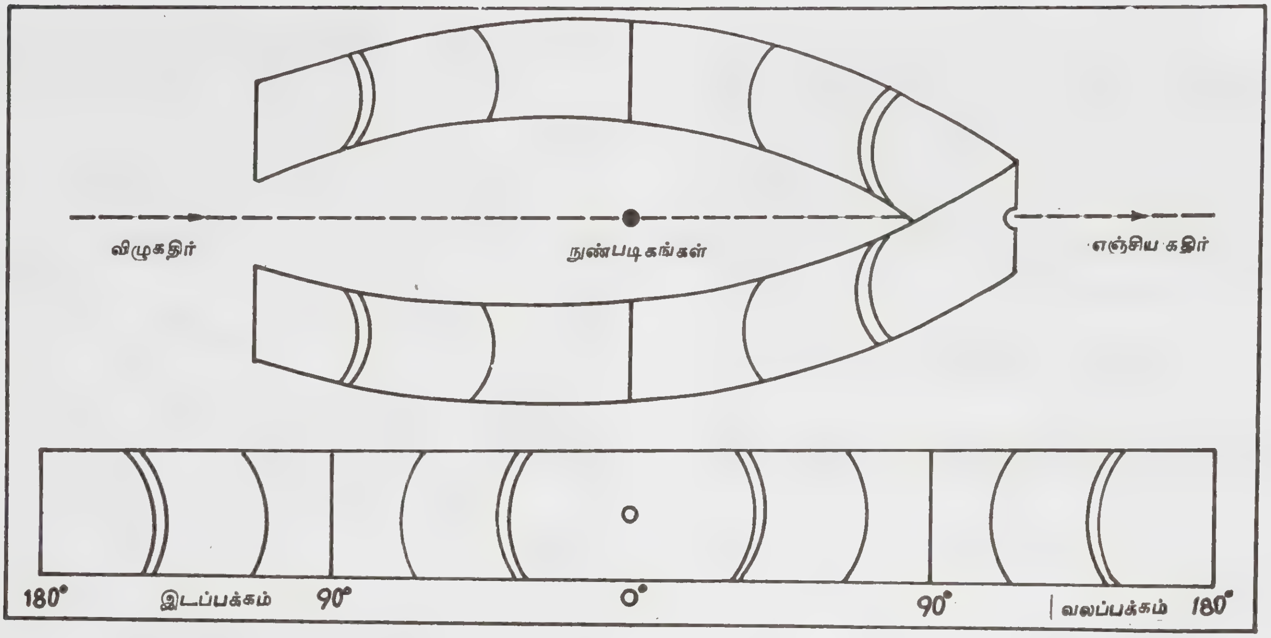
இவற்றின் ஆரங்களை மதிப்பிட்டு, விலகு கோணத்தையும் அதிலிருந்து படிகத்தளவிடைத் தொலைவுகளையும் கண்டறிய முடியும்.

எக்ஸ் கதிர்களின் தூள் முறையின் ஆய்வு அமைப்பு முறை படம் 3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்முறைக்குத் தேவையான ஒற்றை நிற ஒளி எக்ஸ் கதிர்கள் தனி வகையான அலை வடிப்பான்களைப் filters) பயன்படுத்திப் பெறப்படுகின்றன.

ஈயத்தாலான S_1, S_2 என்ற சிறிய பிளவுகளின் துணை கொண்டு மெல்லிய இணைக்கற்றை உருவாக்கிக் கொள்ளப்படுகின்றது. இது நுண்படிகங்களின்மீது விழுமாறு செய்யப்படுகின்றது. நுண்தூள்கள் பொதுவாக, சீரான தடிப்புள்ள ஒரு மெல்லிய கண்ணாடிக் குழாயினுள் ஓரளவு இறுக்கமாக அடைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. இக்கண்ணாடிக் குழாய் உருளை வடிவப் புகைப்படப் பெட்டியொன்றின் மையத்தில் அதன் அச்சிற்கு இணையாக இருக்கு



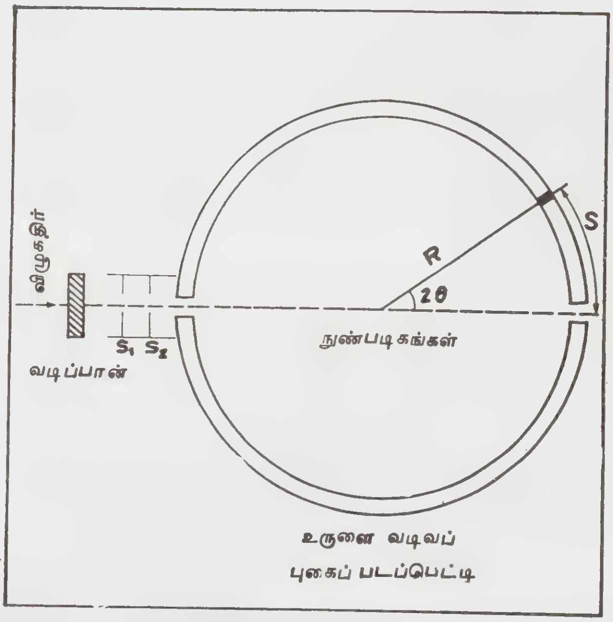
படம் 1.



படம் 2.

மாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒரு நீண்ட ஓலை வடிவப்புகைப்படச்சுருள், உருளை வடிவப் புகைப் படப்பெட்டியின் உட்சுவர் ஓரமாகப் பதிந்திருக்கு மாறு செய்து கொள்ளப்படுகின்றது. இதனால் 0° முதல் 180° கோணம் வரையில் விலகிச் செல்லும் அனைத்து எக்ஸ் கதிர்களையும் பதிவு செய்து கொள்ள முடியும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் வரைபுகைப் படச்சுருளை விலகு எக்ஸ் கதிர்களின் தாக்குதலுக்கு ஆளாக்கி, அவற்றை நன்கு பதிவு செய்து கொள்ளலாம். பின்னர் புகைப்படச் சுருளை வெளியே எடுத்துத் துலக்கினால், படம் 2 இல் காட்டப்பட்டது போன்ற மைய வட்டத்துண்டுக் கோடுகள் காணப்படுகின்றன. நுண்படிகங்களை ஊடுருவிச் செல்லும் எஞ்சிய எக்ஸ் கதிர்கள் வெளி யேறிச்செல்வதற்குவட்டத்தின் விட்ட மறுமுனையில் புகைப்படச் சுருளில் ஒரு துளை இடப்பட்டுள்ளது. இதனால் எஞ்சிய எக்ஸ் கதிர்கள் சிதறலுக்கு உள்ளாக்கப்பட்டுப் புகைப்படச் சுருள் மொத்த மாகக் கருமையூட்டஞ் செய்யப்படுவது தவிர்க்கப்படு கின்றது.

படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல, வட்டப் பகுதியின் வளைவு ஆரம், விலகு கோணம் 90° ஐக் கடக்கும்போது குறி மாறுதலுக்கு உள்ளாகின்றது என்பதைப் புகைப்படத்திலிருந்து தெரிந்து கொள்ள முடிகின்றது. விலகு கோணம் 90°ஐ எட்டிச் செல்லச் செல்ல வட்டப் பகுதியின் வளைவு ஆரமும் உயர் கிறது. சரியாக 90 டிகிரியில் நேர் கோடுகள் காணப் படுகின்றன. அதன் பிறகு வளைவு ஆரத்தின் குறி மாறுதலுக்கு உட்பட்டுக் காணப்படுகின்றது. அதா வது முன் பக்கத்தில் உள்ள விளிம்பு விளைவுப்



படம் 3.

பாங்கம், விடுகதிரை மையமாகக் கொண்ட வட்டங் களாகவும் பின் பக்கத்தில் உள்ள விளிம்பு விளைவுப் பாங்கம் விழுகதிரை மையமாகக் கொண்ட வட்டங் களாகவும் உள்ளன.

இவ்விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தின் அமைப்பி லிருந்தும், அவற்றின் ஒப்புமைச் செறிவுகளிலிருந்தும், அதற்குக் காரணமான படிகத்தின் கட்டமைப்புப் பற்றிய உண்மைகளை அறிந்துகொள்ள இயலும்.

θ என்பது தொடுகோணம் என்றால், விளிம்பு விளைவால் விலகிச் செல்லும் கதிருக்கும், விடுகதிருக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் 2θ ஆகும். Rஎன்பது உருளை வடிவப் புகைப்படப்பெட்டியின் ஆரம் எனவும் S என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட விலகு கதிர்ப் புகைப்படச் சுருளில் குறுக்கிடும் புள்ளிக்கும், மையப்புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு எனவும் கொண்டால், உருவரைக் கொள்கைப்படி

$$\text{Sin } 2\theta = \frac{\text{எதிர்ப்பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{S}{R}$$

θ என்பது சிறிய மதிப்புடையதாகையால், Sin 2θ இன் மதிப்பை 2θ என்றே கொள்ளலாம். எனவே,

$$2\theta = \frac{S}{R}$$

அல்லது $\theta = \dfrac{S}{2R}$ ஆகும்.

S என்பது ஒரு வட்டப் பகுதியின் வளைவு ஆரம் என்பதால், இதன் மதிப்புகளைப் புகைப்படச் சுருளில் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ள விளிம்பு வளைவுப் பாங்கத்திலிருந்து மிக எளிதாக அளவிட்டு அறிந்து கொள்ள முடியும். இதிலிருந்து விளிம்பு விலக்கக் கோணத்தையும், அதைப் பிராக்கின் சமன்பாட்டில் பொருத்தி, படிகத் தளவிடைத் தொலைவுகளையும் கண்டறியலாம்.

θ கோணம் உயர வளைவு; ஆரம் உயர்கிறது என்பதற்கான விளக்கத்தையும் பிராக்கின் சமன்பாடு தெளிவுபடுத்துவதாக இருக்கின்றது.

$$2d \text{ Sin}\theta = n\lambda$$

என்பது பிராக் சமன்பாடு. இதைப் பகுதியாக்கத்திற்கு உட்படுத்தினால்,

$$\Delta d \text{ Sin}\theta + d \text{ Cos}\theta \, \Delta\theta = 0$$

ஏனெனில் nஉம், λ உம் மாறிலிகள் ஆகும். எனவே

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta d} = -\frac{\tan\theta}{d}$$

θ கோணம் $90°$ ஐ நெருங்க, tan θ-இன் மதிப்பு முடிவிலா மதிப்பை எட்டத் தொடங்கும், அதனால் $\dfrac{\Delta\theta}{\Delta d}$-இன் மதிப்பு மிகவும் உயர்ந்து விடுகின்றது. இது d இல் மிகச் சிறிய அளவு வேறுபாடு காணப்பட்டாலும், θ இல் பேரளவு மாறுபாடு விளையும் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுவதாக இருக்கின்றது. அதாவது பின்னோக்கு விலகு கதிரின் பகுப்புத் திறன் (high resolution) மிகவும் அதிகமாக உள்ளது எனலாம். இதன் காரணமாகவே ஒரே புகைப்படச் சுருளில் பின்னோக்கு விளிம்பு விளிவைப் பெற முடிகிறது. இருக்கின்றது.

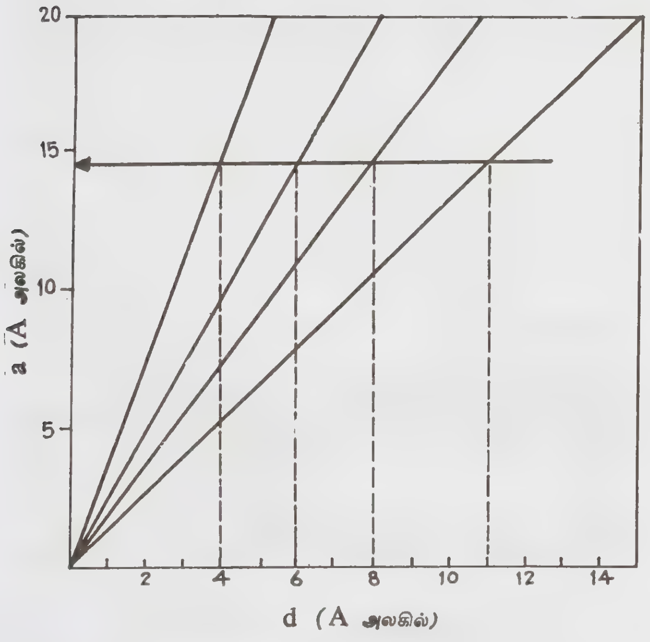
இந்தத் தூள் முறையைப் பயன்படுத்தி நுண் படிகப் பகுப்புடைய எந்தப் பொருளின் படிகக் கட்டமைப்பையும் ஆராய்ந்து அறிந்து கொள்ள முடியும். ஓரினப் படிகங்களைப் பெற இயலாத நிலைகளில் இந்த முறையே பெரிதும் துணை புரிகின்றது. படிகங்களின் பேரினத் தொகுதியில் ஏழு வகைகள் உள்ளன. அவற்றுள் கன சதுரத்தின் அலகுப் படிகங்களை ஆராய எக்ஸ் கதிர்த் தூள் முறை சிறப்பான பயனளிக்கக்கூடியதாக இருக்கின்றது. கன சதுரமான படிகங்களில், அணுவிடைத் தொலைவுகள் படிகவியல் சார்ந்த மூன்று அச்சுகளிலும் சமஅளவுடன் காணப்படுவதால், அதன் விளிம்பு விளைவு எளிமையானதாக இருக்கிறது. கனச்சாய் செவ்வகம், கனநாற்கரம், கனச்சாய் நாற்கரம் அறுமுகம் போன்ற சிக்கலான அலகுடன் அமைந்துள்ள படிகங்களில் படிகவியல் சார்ந்த அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருப்பதில்லை என்பதால், விளிம்பு விளைவின் அமைப்பிலிருந்து படிகத்தின் கட்டமைப்புகளைப் பகுப்பாய்வு செய்து அறிந்து கொள்வது சிக்கலானதாக இருக்கின்றது. பெரும்பாலும் ஓரினப்படிகங்களை உருவாக்கிக் கொள்ள முடியாத உலோகங்கள் மற்றும் உலோகக் கலவைகளின் கட்டமைப்புகளைப்பற்றி அறிய இம்முறை பெரிதும் பயனளிக்கக்கூடியதாக இருக்கின்றது.

படிகங்களின் கட்டமைப்பைப் பற்றி ஓரளவு தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமெனில், விளிம்பு விளைவு எவ்வகையான படிக இணைத் தாங்கிகளால் ஏற்படுத்தப்படுகின்றது என்பதை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். பொதுவாகப் படிக இணைத் தளங்களை மில்லர் குறியீடுகளால் குறிப்பிடுவர். இது மூன்று தனித்தனியான முழு எண்களாகும். இதைப் பொதுவாக h, k, l என்று குறிப்பிடுவர். இதன்படி ஒரு தளமும் அதன் இணைத் தளங்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட மில்லரின் குறியீடுகளால் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஒரு தளத்தின் மில்லர் குறியீட்டைப் பெற அத்தளம், படிகவியல் சார்ந்த மூன்று அச்சுகளில் எவ்வளவு அலகுத் துண்டுகளைத் தனித்தனியாக உண்டாக்குகிறது என்பதை முதலில் கணக்கிட வேண்டும். பின்னர் இவற்றின் தலைகீழ் மதிப்பைக் கண்டறியவேண்டும். அதாவது வெட்டுத் துண்டுகளின் மதிப்பு 1, 2, 3 என இருந்தால், அதன் தலைகீழ் மதிப்புகள் 1, $\frac{1}{2}$, $1/3$ ஆகும். இம்மதிப்பு பின்னமாக இருந்தால் அவற்றைத் தகுந்த பொது எண்ணால் பெருக்கி முழு எண்ணாக்கிக் கொள்ள வேண்டும். எடுத்துக்கொண்ட சான்றில் 6 என்ற பொது எண்ணால் பெருக்க 6, 3, 2 என்ற முழு எண்கள் கிடைக்கும். இவையே அத்தளத்தின் மில்லர்

குறியீட்டு எண்களாகும். தளவிடைத் தொலைவிற்கும் மில்லர் குறியீட்டு எண்களுக்கும் ஒரு நெருக்கமான தொடர்பு உள்ளது. இத்தொடர்பு படிகத்தின் பொதுக் கட்டமைப்பைப் பொறுத்து அமையும். கன சதுர மான படிகங்களில், (h,k,l) என்ற மில்லர் குறியீட்டு எண்களால் குறிப்பிடப்படுகின்ற ஒரு வகையான படிக இணைத்தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$

என்ற தொடர்பால் நிறுவப்பட்டுள்ளது. இதில் a என்பது படிகவியல் அச்சில் அமைந்துள்ள இரு அணுக்களுக்கிடைப்பட்ட தொலைவாகும்.



விளிம்பு விளைவிற்குக் காரணமான படிகத் தளங்களின் மில்லர் குறியீட்டு எண்களையும், படிக அலகின் பரிமாணத்தையும் அறிந்து கொள்ளப் பொதுவாகப் படித்தர வரை படத்தைப் பயன்படுத்து கின்றனர். இதில் ஒரு குறிப்பிட்ட மில்லர் குறியீட்டு எண்களால் குறிப்பிடப்படுகின்ற படிக இணைத் தளத்திற்கு மாறுபட்ட அணுவிடைத் தொலைவு களுக்கும், படிகத்தளவிடைத் தொலைவுகளுக்கும் இடையே வரைகோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும் (படம்-4). ஆய்வு மூலம் அளவிடப்பட்ட d இன் மதிப்புகளுக்கு நேர்குத்துக்கோடு வரைந்தால், அவை வரைகோடுகளை வெட்டும். வெட்டும், புள்ளிகள் கிடைமட்டமான நேர் கோட்டில் அமையுமாறு இணைக்க, அது 'a' அச்சில் வெட்டும். அதற்குச் சமமான 'a' -இன் மதிப்பே ஓரலகு கனச் சதுரப் படிகத்தின் பரிமாணமாகும். படித்தர வரைகோடு களைக் கொண்டு மில்லர் குறியீட்டு எண்களையும் அறியலாம். இதுபோன்ற படித்தர வரைபட அமைப்பு முறையைக் கன சதுரம் தவிர்த்து வேறு வகையான படிகங்களுக்கும் செய்யலாம்.

- மெ. மெய்யப்பன்

எக்ஸ் கதிர் தொலைநோக்கி

வானிலை ஆராய்ச்சியில் புவியின் வளிமண்டலத்திற் கப்பால் ஏற்படும் எக்ஸ் கதிர்களைக் கண்டுபிடிப்பதற் கும் அவற்றைப் பிரிவுபடுத்திப் படிவமாக்குவதற்கும் பயன்படும் கருவி எக்ஸ் கதிர் தொலைநோக்கி (x-ray telescope) ஆகும். விண்வெளி ஊர்திகள், ஏவூர்திகள், பலூன்கள் மூலம் மிக அதிக உயரத் திற்கு இத்தொலைநோக்கிகள் கொண்டு செல்லப் பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர் களைக் கண்டுபிடிக்கப் பல கருவிகள் இருந்தாலும் ஒளிக்கதிர் சென்று உராய்வுறு மேற்பரப்பிலிருந்து குறிப்பிடத்தக்க அளவுக்கு எக்ஸ்கதிர்களை முழுமை யாக வெளிப்புறம் எதிரொளிக்கும் தன்மைஎக்ஸ்கதிர் தொலைநோக்கிக்கு மட்டுமே உண்டு. எக்ஸ்கதிர் களின் ஊடுருவிச்செல்லும் ஆற்றலுக்கேற்ப, ஒளியியல் தொலைநோக்கியைப் (optical telescope) போன்று எதிரொளிப்பு (reflection), ஒளி விலகல் (refraction) கோட்பாடுகளையுடையதாக இத் தொலைநோக்கி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் குவியக் கண்ணாடி, அதி பரவளைகோளக் குவியத் திற்குப் பின்புறம் பரவளைக் கோளக்குவியம் உள்ள வாறும் இருமுறை எதிரொளிப்பு உண்டாக்குமாறும் அமைந்துள்ளது. இதனால் உருத்தோற்றப் பிறழ்ச்சி (image aberration) உண்டாகாமல் ஓரளவு தடுக்கப்படு கிறது. இவ்வகையான தொலைநோக்கிகள் வானியல் ஆராய்ச்சிகளில் சிறந்த முறையில் பயன்படுகின்றன.

- பங்கஜம் கணேசன்

எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை

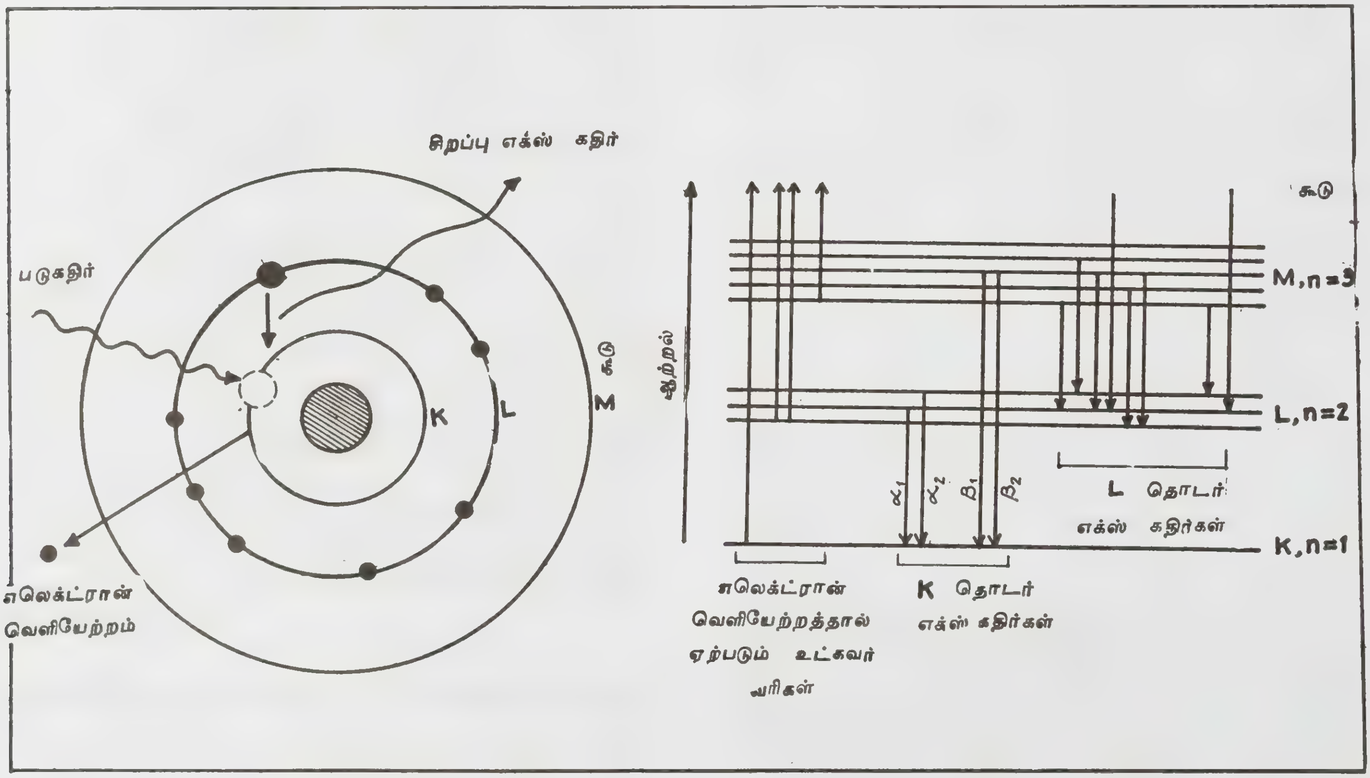
ஓர் அணுவின் உள்மட்டக் கூட்டிலுள்ள எலெக்ட் ரான்களின் நிலைமாற்றத்தால் எக்ஸ்-கதிர் நிற மாலை உண்டாகிறது. எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை ஒளி நிறமாலையிலிருந்து மாறுபட்டது. ஓர் அணுவின் வெளித்தடத்தில் உள்ள இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்

களின் நிலை மாற்றத்தினால் ஒளி நிறமாலை தோன்றுகிறது.

ஒரு தனிமம் போதிய ஆற்றலை உட்கவரும் போது அதன் உள் கூட்டிலிருந்து ஓரிரு எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றம் செய்யப்படலாம். இச் செயல் தனிமத்தைக் கிளர்ச்சி நிலைக்குக் கொண்டு செல்கிறது. தனிமத்தின் மீது படும் மின்காந்தக் கதிர்வீச்சைக் கண்காணித்தால் இச்செயல் உட்கவர் நிறமாலையாகத் தோற்றமளிக்கும். எலெக்ட்ரான் கூட்டிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டதால், உள் மட்டத்தில் ஏற்பட்டுள்ள வெற்றிடத்தை நிரப்புவதற்கும், அணுவைச் சமநிலைக்குக் கொண்டு வரவும், அணுவின் மேல் ஆற்றல் மட்டத்தில் உள்ள பிறிதோர் எலெக்ட்ரான் கீழ்மட்டத்துக்கு வரும். அப்போது தனிமத்தின் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் வெளிவரும். இரு ஆற்றல் மட்டங்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் பிணைப்பாற்றல் வேறுபாட்டிற்குச் சமமான ஆற்றல் வெளிப்பாடே தனிமத்தின் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்களாக வெளிவருகின்றன,

அணுவின் முதலாம் முக்கிய குவாண்டம் மட்டத்திலிருந்து (n=1) ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றப் படுவதால் வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்கள் K-தொடர் (K-series) எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. இரண்டாம் முக்கிய குவாண்டம் மட்டத்திலிருந்து (n=2) எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுவதால் வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்கள் L-தொடர் எக்ஸ் கதிர்கள் ஆகும். M-தொடர் எக்ஸ் கதிர்கள், மூன்றாம் முக்கிய குவாண்டம் மட்டத்தில் இருந்து (n=3) எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுவதால் வெளிவருகின்றன.

வெற்றிடத்தை நிரப்புவதற்கு எந்த மேல் மட்டத்திலிருந்தும் எலெக்ட்ரான்கள் கீழே வரலாம். ஒவ்வொரு முக்கிய ஆற்றல் மட்டமும், சிறு ஆற்றல் வேறுபாடுள்ள துணைக் கூடுகளாகப் பிரிக்கப் பட்டுள்ளன. K-ஆற்றல் மட்டத்தில் ஒரு கூடும், L-மட்டத்தில் 3 துணைக் கூடுகளும், M-மட்டத்தில் 5 துணைக் கூடுகளும் உள்ளன. K-மட்டத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்பட்டு வெற்றிடமாக



படம 1. அ

படம் 1. ஆ

படம் 1. சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் தோற்றம்

(அ) உருவகப்படுத்தப்பட்ட விளக்கம்

(ஆ) ஆற்றல் மட்டங்கள் கொண்டு விளக்கம்

இருக்கும்போது, L-மட்டத்திலுள்ள இரு துணைக் கூடுகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் K-மட்டத்துக்கு வந்தால், K_{A_1}' K_{A_2} என்று பெயரிடப்பட்ட வரிகள் K - தொடரில் காணப்படும். அதேபோன்று, M-மட்டத்திலுள்ள இருதுணைக் கூடுகளிலிருந்து எலெட்க்ரான்கள்K - மட்டத்துக்கு வரும்போது, K_{B_1} K_{B_2} என்றவரிகள் K-தொடரில் காணப்படும். MN மட்டத்தில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள், வெற்றிட L - மட்டத்துக்கு வரும்போது, L - தொடரில் வரிகள் தோன்றும். மேல் மட்டத்திலுள்ள சில குறிப்பிட்ட துணைக் கூட்டிலிருந்து இம்மட்டத்தில் உள்ள சில குறிப்பிட்ட துணைக்கூட்டுக்கு மட்டுமே எலெக்ட்ரான்கள் வரும். இம்மாறு நிலைக்கென்று தேர்வு நியதிகள் உள்ளன; எலெக்ட்ரான்களின் நிலை மாற்றம் இந்நியதிகளின் படியே நடக்கும்.

படம் 1 அ வில் எக்ஸ் கதிர்கள் வெளி வரும் செயல்முறை உருவகப்படுத்திக் காட்டப் பட்டுள்ளது. 1 ஆ வில் எலெக்ட்ரான்களின் இடை நிலைச் செயல்கள் காரணமாக எக்ஸ் கதிர்கள் தோன்றுவது, ஆற்றல் மட்டங்கள் துணைக் கொண்டு விளக்கப்பட்டுள்ளது. அதே படத்தில், உட்கவர் வரிகளும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

சிறப்பு எக்ஸ் கதிர் நிறமாலையை ஆராய்வதன் மூலம் தனிமத்தின் அணு அமைப்பைப் பற்றிய விவரங்கள் தெரிய வருகின்றன. நிறமாலையின் பாங்கு தனிமத்தின் அணு எண்ணை மட்டுமே பொறுத்தது; வேதிப் பண்புகளையோ வேதியியல்,இயற்பியல் நிலையையோ பொறுத்ததல்ல; எக்ஸ் கதிர்களின் இவ்வியல்பை, மோஸ்லே என்பார் 1913 இல் எடுத்துக் காட்டினார். சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்களின் அதிர்வு எண்ணுக்கும் (γ) தனிமத்தின் அணு எண்ணுக்கும் (z) இடையேதொடர்பு உள்ளது என்று அவர் உறுதி செய்தார்.

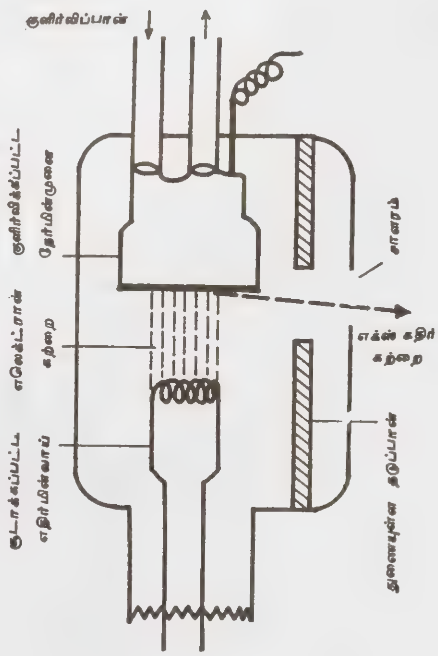
$$\gamma = \frac{C}{\lambda} a\ (z\text{-}b)^2$$

C = வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசை வேகம்; λ - எக்ஸ் கதிர்களின் அலைநீளம் a,b- மாறிலிகள் இவை கொடுக்கப்பட்ட தனிமத்தைப் பொறுத்தன.

எக்ஸ் கதிர்களின் அலைநீளம் ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகளில் (A°) குறிப்பிடப்படுகிறது. ($1A^\circ = 10^{-8}$ செ.மீ.). சில சமயங்களில் அலைநீளம் எக்ஸ் கதிர் அலகுகளிலும் (XU) கொடுக்கப்படலாம் ($1A^\circ$ = 1002.02 XU). டங்ஸ்ட்டன் என்ற தனிமத்தின் K- தொடரின் ஒரு வரியின் அலைநீளம் 0.213 A° இதன் சமமான ஆற்றல் 58,200eV அல்லது 58.2 (KeV) அதாவது இக்குறிப்பிட்ட K-தொடர் வரியைக் கிளர்ச்சி செய்ய வேண்டுமானால் குறைந்த வரம்பு அளவு 58.2 KeV ஆற்றலையேனும் டங்ஸ்ட்டன் தனிமத்தின் மீது பாய்ச்ச வேண்டும்.

பொதுவாக, K -கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்ற மிகுந்த ஆற்றலும், L -கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கு அதைவிடக் குறைந்த ஆற்றலும், M -கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கு மேலும் குறைவான ஆற்றலும் தேவைப்படும். எனவே, படுகதிரின் அலைநீளம் குறையக் குறைய அல்லது அதன் ஆற்றல் மிகுதியாக முதலில் இலக்கு தனிமத்தின் M -கூட்டு எலெக்ட்ரான்களும் பின்பு L -கூட்டு எலெக்ட்ரான்களும், அதன்பின் K -கூட்டு எலெக்ட்ரான்களும் வெளியேற்றப்படுகின்றன. முதன்மைக் கதிர்கள் அல்லது எலெக்ட்ரான் கற்றை மூலம் தனிமத்தைக் கிளர்வு செய்து எக்ஸ் கதிர் நிறமாலையைத் தோற்றுவிக்க வேண்டுமானால், ஒரு குறைந்த வரம்பு அளவு கிளர்ச்சி ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இதற்குக் குறைந்த ஆற்றல் கொடுக்கப்பட்டால், எக்ஸ் கதிர் நிறமாலையைத் தோற்றுவிக்க முடியாது.

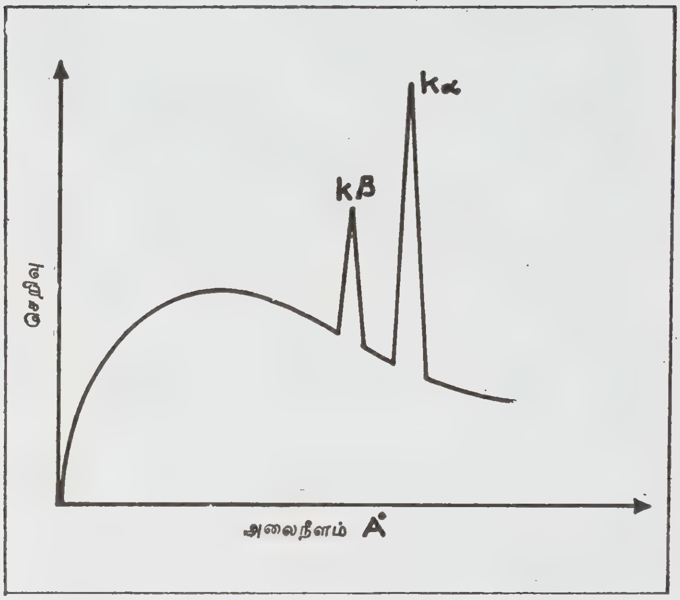
நேரிடை எக்ஸ் கதிர் கிளர்ச்சி முறை. மிகவிரைவாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் தேவையான தனிமத்தைத் தாக்கும்போது அவை திடீரென்று நிறுத்தப்படுவதால், எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் இலக்காக வைக்கப்பட்டுள்ள தனிமத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. இவ்வாற்றலால், தனிமத்திலுள்ள



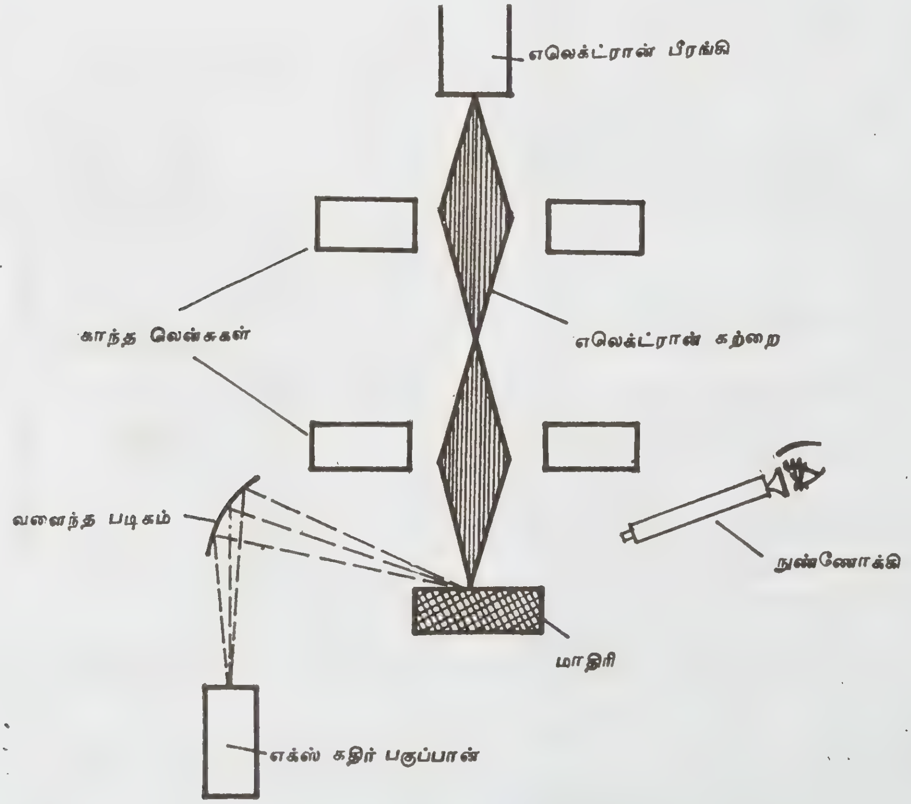
படம் 2. எக்ஸ் கதிர்க் குழாயின் விளக்கக் கோட்டுப்படம்

உள்மட்ட எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்பட்டு, மேலே விளக்கியபடி, தனிமத்தின் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் உண்டாகின்றன. ஓர் எக்ஸ் கதிர்க்குழாயில் இச்செயல்பாடுகள் நடைபெறுகின்றன. படம் 2 இல் எக்ஸ் கதிர்க் குழாயின் விளக்கப்படம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள்ள ஒரு குழாயில், சூடாக்கப்பட்ட எதிர் மின்வாயிலிருந்து வெளி வரும் எலெக்ட்ரான்கள் குளிர்விக்கப்பட்ட நேர்மின் முனை அல்லது இலக்கின் மீது வந்து தாக்குகின்றன. இதனால் வெளிவரும் சிறப்பு எக்ஸ்கதிர்களின் தன்மை இலக்காக வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைப் பொறுத்தது. இந்த எக்ஸ் கதிர்கள் பெரிலியம் அல்லது சிறப்புக் கண்ணாடிச்சாளரம் வழியாக இக்குழாயைக் கடந்து வெளிவரும் (படம்-2).

எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்களை ஆராய்ந்தால், ஓர் அகலமான தொடர்ச்சி வெளியீட்டைக் காணலாம். இது வெண்மை எக்ஸ் கதிர் வெளியீடு எனப்படுகிறது. இத்தொடர்ச்சி வெளியீட்டின் மீது இலக்குப் பொருளின் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்களின் நுண் வெளியீடுகள் இணைந்து காணப்படும். இதன் மாதிரிப் படம், படம்-3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எக்ஸ் கதிர் தொடர் நிறமாலையின் செறிவை, எக்ஸ் கதிர்க் குழாயின்



படம் 3. சிறப்பு எக்ஸ் கதிர் வெளியீடுகள் பொருத்தப் பட்ட தொடரகம் (Continuum)



படம் 4. எலெக்ட்ரான் துருவு நுண்ணளவு பகுப்பான் அமைப்பின் விளக்கக் கோட்டுப்படம்

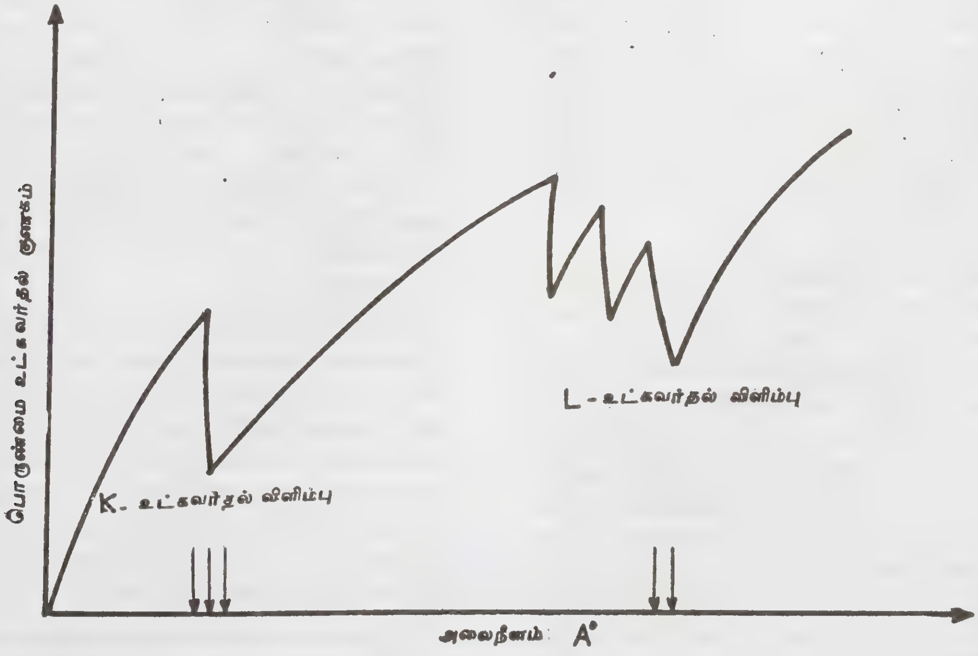
மின்னழுத்தத்தைப் பெருக்குவதன் மூலம் மிகுதிப் படுத்தலாம்.

சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்களின் தன்மையை நேரிடையாக ஆராய வேண்டுமானால், தேவைப்பட்ட மாதிரியை எக்ஸ் கதிர்க் குழாயின் இலக்கு மீது பூச வேண்டும் இம்முறையில் இலக்கு மாற்றப்படும் ஒவ்வொரு சமயுமும், குழாயை வெற்றிடமாக்க வேண்டும். மிகுவிரைவு எலெக்ட்ரான் கற்றையால் தாக்கப்படும்போது ஏற்படும் வெப்பத்தில் மாதிரிகளின் வேதியியல், இயற்பியல் தன்மைகள் மாறலாம். இந்நேரிடை முறைகள் முன்பு கையாளப்பட்டு வந்த போதும், தற்போது அவ்வளவாக வழக்கில் இல்லை.

தற்போது எலெக்ட்ரான் துருவு நுண்ணளவுப் பகுப்பு முறையில் நேரிடையாகச் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் ஆராயப்படுகின்றன. இம்முறையை 1951 இல் காஸ்டெயிங்க் என்பார் நடைமுறைக்குக் கொண்டு வந்தார். இம்முறையில் பயன்படும் அமைப்பு படம்-4 இல் விளக்கக் கோட்டுப்படம் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான் கற்றை, காந்த லென்ஸ்கள் துணைகொண்டு 1 மைக்ரான் குறுக்குவெட்டுள்ள மெல்லிய கற்றையாகச் சுருக்கப்படுகிறது. இக்கற்றை பகுக்கப்பட வேண்டிய மாதிரிப் புறப்பரப்பில் ஒரு பொட்டுப் போன்று பாய்ச்சப்படுகிறது. இம்முறையில் ஏறக்குறைய ஒரு புள்ளி மூலத்திலிருந்து வெளிவரும் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்கள் ஒளிர்வு வெளியீட்டைவிட மிகுந்த செறிவுடன் இருக்கும். 1 கிராம் எடையுள்ள மாதிரியின் 1 மைக்ரான் குறுக்களவில் 10^{-14} கிராம் வரை அடர்வு உள்ள தனிமத்தை இம்முறை கொண்டு உற்றறிய முடியும். எலெக்ட்ரான் கற்றை மாதிரியில் தாக்கும் சிறிய பரப்பைக் கூர்ந்துநோக்க ஒரு நுண்ணோக்கி இப்பகுப்பு முறையில் கையாளப்படுகிறது. இம்முறையின் உதவியால் உலோகக் கலவைகள், உலோக அரிப்பு விளைபொருள், கனிமப் பொருள் போன்றவற்றில் உள்ள தனிமங்களின் சேர்க்கை வீதம் பரவல் ஆகியவற்றை ஆராயமுடியும்.

எக்ஸ் கதிர் உட்கவர்தல். ஒவ்வொரு தனிமத்திலும் K, L, M போன்ற கூட்டில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்வுறுவதற்குத் தேவையான உட்கவரும் ஆற்றல் சிறப்பானது. எனவே, ஒரு தனிமம் மின்காந்தக் கதிர்களை உட்கவரும்போது, சிறப்பான அலைநீளத்தில் அதன் உட்கவர்தல் மாறுபடுகிறது. ஏனெனில், அவ்வலை நீளத்தில் உள்மட்ட எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன. இந்தப் பண்பைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்டுள்ள மாதிரியில் எத்தகைய தனிமம் உள்ளது என்று கண்டு கொள்ளலாம். படம்-5 இல் எக்ஸ் கதிர் (அம்புக்குறியீடுகள், தொடர் வெளியீட்டு வரிகளைக் குறிக்கின்றன). உட்கவர் நிறமாலை தோற்றமளிப்பதை மாதிரிப்படத்தால் அறியலாம். உட்கவர்தலில் ஏற்படும் மாற்ற அளவைக் கொண்டு மாதிரியில் உள்ளதனிமத்தின் அடர்வைக் கணக்கிடலாம்.

I_o செறிவுள்ள எக்ஸ் கதிர்கள் அல்லது எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒரு படித்தான p அளவு அடர்த்தியுள்ள மாதிரி மீது பட்டு



படம் 5. எக்ஸ் கதிர் உட்கவர்தல் நிறமாலை (மாதிரிப் படம்)

அதன்வழியே X செ.மீ. தொலைவு பாய்ந்து, T செறிவுள்ள கற்றையாக வெளிவருமானால்,

$$I = I_o e^{-\mu x} = I_o e^{-(\mu/p) px}$$

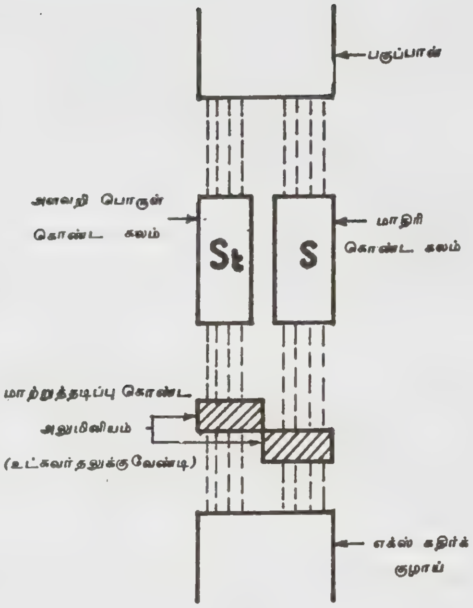
μ என்பது நேர்கோட்டு உட்கவர்தல் குணகம், $\mu_m = \mu/p =$ பொருண்மை உட்கவர்தல் குணகம் $\mu_m =$ இன் மதிப்பு எக்ஸ் கதிரின் அலைநீளம், உட்கவரும் அணுவின் எண் ஆகியவற்றை மட்டுமே பொறுத்திருக்கும். மாதிரியின் இயற்பியல் வேதியியல் நிலையைப் பொறுத்ததன்று. கொடுக்கப்பட்டுள்ள சேர்மம் அல்லது கலவையில் உள்ள ஆக்கக்கூறு, தனிமங்களின் பொருண்மை உட்கவர்தல் குணகங்கள் கூட்டுச் சார்புடையன. எடுத்துக்காட்டாக, $\mu_{mT} =$ மாதிரியின் மொத்தப் பொருண்மை உட்கவர்தல் குணகம் என்றும் μ_{m_1}, W_1 என்பனவற்றை முறையே தனிமம் 1-இன் பொருண்மை உட்கவர்தல் குணகம், எடைப் பின்னம் என்றும், μ_{m_2}, W_2 என்பனவற்றைத் தனிமம் 2-க்கும், μ_{m_3}, W_3 தனிமம் 3-க்கும் கொண்டால்

$$\mu_{mT} = \mu_{m_1} W_1 + \mu_{m_2} W_2 + \mu_{m_3} W_3 + \ldots \text{ ஆகும்.}$$

இம்முறையில் மாதிரி அணியின் விளைவு இல்லாததால், சில சமயங்களில் இம்முறை எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வுப் பகுப்பு முறையைவிடப் பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

பொதுவாக, எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்களே உட்கவர்தல் முறைக்குப் பயன்படுகின்றன. அலுமினியம் போன்ற பொருள்களைப் படித்தரமாகப் பயன்படுத்தி, உட்கவர் குணகத்தைக் கணக்கிட்டு எக்ஸ் கதிர்களின் பண்பை அறிவது வழக்கம். μ -இன் மதிப்பு குறைவாக இருக்கும் கதிர்கள் கடின எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. அவற்றின் ஊடுருவுதிறன் மிகுதி. μ இன் மதிப்பு மிகுதியாக இருக்கும் கதிர்கள் மிருதுவான எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. இவை எளிதாக உட்கவரப்படும்.

மாதிரிகளில் உள்ள தனிமங்களைக் கண்டறிய எக்ஸ் கதிர் உட்கவர் அளவிகள் பயன்படுகின்றன. இக்கருவியின் உறுப்பு அமைப்பு படம்-6இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடுத்தடுத்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரு கலங்களின் வழியே எக்ஸ் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் எக்ஸ் கதிர்கள் பாய்ச்சப்படுகின்றன. ஒரு கலத்தில் ஆய்வுப் பொருளும் மற்றொன்றில் மாதிரியும் வைக்கப்பட்டு இருக்கும். அலுமினியத்தின் தடிப்பை மாற்றுவதன் மூலம், இருகலங்களிலும் சம உட்கவர்தலை உண்டாக்க முடியும். உட்கவர்தலைப் பகுப்பான் மூலம் கண்டறியலாம். அலுமினியத்தின் தடிப்பு, மாதிரியில் உள்ள தனிமத்தின் அடர்வைப் பொறுத்தது. இம்முறையில் வளிம நீர்மப்பொருள்களைக் கையாள்வது மிகவும் எளிது.

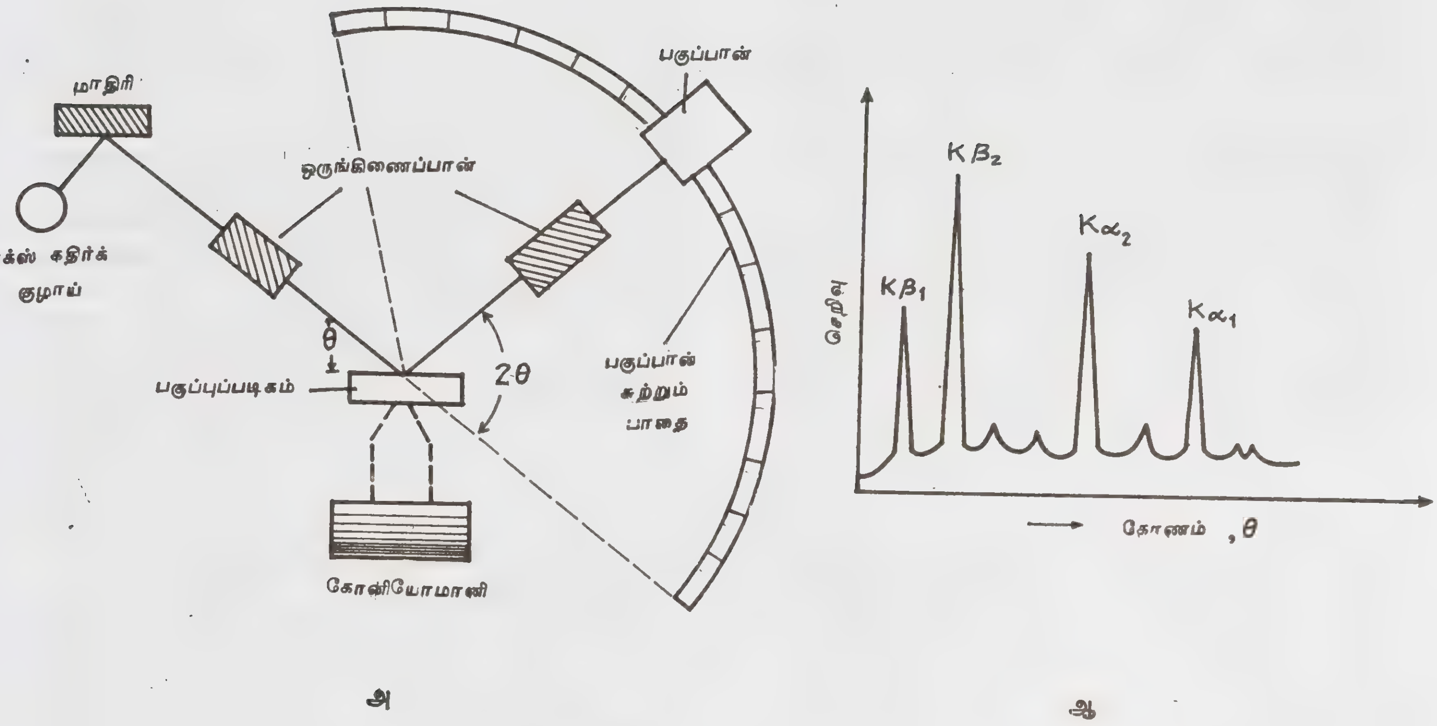


படம் 6. எக்ஸ் கதிர் உட்கவர் அளவி அமைப்பின் விளக்கக் கோட்டுப்படம்

எக்ஸ் கதிர் உடனொளிர்வு. ஒரு தனிமத்தின் மீது ஆற்றல் மிகுந்த முதன்மை எக்ஸ் கதிரைப் பாய்ச்சுவதன் மூலம் அத்தனிமத்தில் சிறப்பு எக்ஸ் கதிர்களை உண்டாக்கலாம். இம்முறைக்கு எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு என்று பெயர். இம்முறையைப் பயன்படுத்த வேண்டுமானால் பகுத்தாராய இருக்கும் தனிமத்தின் உட்கவர் விளிம்பின் அலைநீளத்திற்குக் குறைவான அலைநீளம் கொண்ட (அதாவது மிகுதியான ஆற்றல் உடைய) எக்ஸ் கதிர்களை வெளியிடும் இலக்கை எக்ஸ் குழாயில் பொருத்த வேண்டும். பொதுவாகத் தாமிரம் மாலிப்டினம், டங்ஸ்டன் ஆகிய உலோகங்கள் பயன்படுகின்றன.

நிறமாலையின் வரிகளின் செறிவை அலைநீள வாரியாகக் கணக்கிடுவதன் மூலம் ஒளிர்வு நிறமாலையைப் பதிவாக்கலாம். இம்முறைக்கு அலை நீள நிறப்பிரிகைமுறை என்று பெயர். இதற்கு ஒளிர் கதிர்களை ஒரு படிகத்தின் மீது பாய்ச்சினால், அக்கதிர்கள் ஒளி விலகிப் பல கோணங்களில் சிதறும். அச்சிதறல் கோணங்கள் கதிரின் அலை நீளத்தைப் பொறுத்தன. பின்பு, கதிர்களின் செறிவைப் பல கோணங்களில் கணக்கிடலாம்.

இம்முறையின் உதவியால் நிறமாலையைப் பகுத்தாராய்வதற்குப் படம்-7இல் காட்டியுள்ளது போன்ற அமைப்புகள் பயன்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர்க் குழாயி



படம் 7. எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு-அலைநீள நிறப்பிரிகை முறை

(அ) பகுப்பாய்வு அமைப்பின் விளக்கக் கோட்டுப்படம் (ஆ) பதிக்கப்பட்ட எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வு நிறமாலை (மாதிரிப்படம்)

லிருந்து வெளிவரும் முதன்மை எக்ஸ் கதிர்கள் மாதிரி கதிரூட்டப் பயன்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர் களுக்கு மாதிரியைச் சீராகக் காட்ட மாதிரி பொது வாகச் சுழற்றப்படும். இதனால் மாதிரியில் உள்ள தனிமங்கள் தத்தம் சிறப்பு ஒளிர்வு வரிகளை வெளி யிடும். இவ்வாறு வெளிவரும் ஒளிர்வுக் கற்றைகளின் ஒரு பகுதியை இணையாக்கிப் பகுப்புப் படிகப் பரப்பின் மீது பாய்ச்சும் படிகம் கோனியோ அளவி மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த அளவி சுழலும் தன்மை கொண்டது. இதனால் படிகமும், பகுப்பானும் சுழலமுடியும். படிகத்தின் மீது படும் கதிர்கள் பிராக் விதிப்படி ஒளி விலக்கப்படுகிறது ($n\lambda = 2d\sin\theta$).

ஒளிவிலகிய கதிர்கள் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டுப் பகுப்பானில் விழுகின்றன. இங்கு ஒளிர்வுக்கதிர்களின் ஆற்றல் மின் துடிப்பாகவோ எண்ணிக்கைகளாகவோ மாற்றப்படுகின்றன. முன்பு நிறமாலையைப் பதி வாக்கப் புகைப்படப் படலம் பயன்பட்டு வந்தது. ஆனால் விரைவாகவும், நுட்பமாகவும் நிறமாலை யின் செறிவை அளக்க கைகர் முல்லர் எண்ணிக் கருவி (geigermuller counter). விகித எண்ணிக் கருவி (proportional counter), ஒளிர்வு எண்ணிக் கருவி (scintillation counter) ஆகியவை பயன் படுகின்றன. பகுப்பானின் நிறமாலை உணர்வு நுட்பம் எக்ஸ் கதிரின்அலை நீளத்தைப் பொறுத்தது. கண்டறிய வேண்டிய எக்ஸ் கதிரின் இயல்பைப் பொறுத்துப் பகுப்பானைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்துக்கோ குறிப்பிட்ட எண்ணிக் கைக்கோ ஒளிர்வுக் கதிரின் செறிவு அளக்கப்படுகிறது. இவ்விரு ஆளியக்கு முறைகளும் அளவறி பகுப்பிற்குக் கையாளப்படுகின்றன. பண்பறி பகுப்பிற்கும் சிற்றளவு அளவறி பகுப்பிற்கும் கோனியோ அளவி மாறாத் திசைவேகத்தில் சுற்றப்படுகிறது.

ஒளிர்வு வரிகள் பகுக்கப்பட்டுத் தொடரான உச்சிவரைவிகளாகப் பதிக்கப்படுகின்றன (படம்-7 ஆ). தனிமத்தைப் பற்றிய தகவல்கள் உச்சி வரைவிகளை ஆராய்வதன் மூலம் தெரியவரும். பகுப்பானில் பதிவான எண்ணிக்கைகளைக் கொண்டு தனிமத்தின் அடர்வைக் கணக்கிடலாம். இதற்கு அளவறி மாதிரி

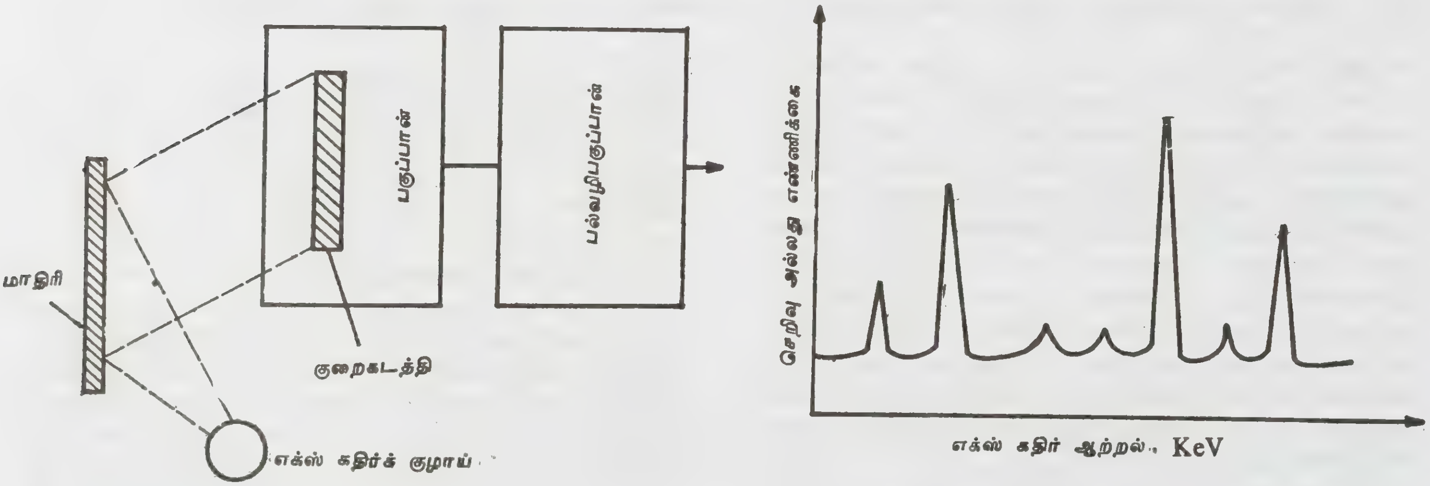
களைப் பயன்படுத்தி அளவு குறித்தல் வரைபடம் ஒன்றைத் தயார் செய்து கொள்ளவேண்டும்.

பகுப்பாயும் உத்தியில் மாதிரிகளைப் பொடியாகவோ திண்மப் பொருளாகவோ நீர்மமாகவோ எடுத்துக் கொள்ளலாம். மாதிரியைத் தயார் செய்தல் அம்மாதிரியான சீர்மை ஆகியவை இம்முறையின் நுட்பத்தை நிர்ணயிக்கின்றன. மாதிரிகள் கரைப்பானில் கரையுமானால், நீர்ம நிலையில் மாதிரியைப் பயன்படுத்துவது ஏற்புடையது. கரைநிலை வேதிப் பகுப்பாய்வைவிட எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வுப் பகுப்பாய்வு முறை மிகவும் நுட்பமானதும் திட்பமானதும் ஆகும். உலோகமல்லாத தனிமங்கள், பெரிய ஆக்கக்கூறு தனிமங்கள் ஆகியவற்றை ஆராய எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வுப் பகுப்பாய்வு முறை ஒளி வெளியீடு நிறமாலையியலுக்கு உதவியாக அமையும். இம்முறையில் பகுத்தாராய ஒரு கிராம் மாதிரியில் குறைந்த அளவு 10^{-5} கிராம் தனிமம் இருக்க வேண்டும். பொதுவாக, பரும மாதிரிகளைப் பகுத்தாராய இம்முறை பயன்படுகிறது. ஒரே சமயத்தில் பல தனிமங்களைத் தானியங்கு கருவிகளால் ஆராயலாம்.

நிறமாலையைக் கதிர்களின் ஆற்றல் வாரியாகவும் பதிவு செய்யலாம். இந்த ஆற்றல் நிறப்பிரிகை முறைக்கு எக்ஸ் கதிர் ஆற்றல் நிறமாலை அளவியல் என்று பெயர். இம்முறையின் அமைப்பு படம்-8 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொதுவாக முதன்மை எக்ஸ் கதிர்களுக்கென, எக்ஸ் கதிர்களை வெளியிடும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. சில எடுத்துக்காட்டுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் அரை ஆயுட்காலம், எக்ஸ் கதிர்களின் ஆற்றல் ஆகிய பண்புகளைப் பொறுத்து எக்ஸ் கதிர்மூலம் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. பகுத்தாராய வேண்டிய மாதிரி மெல்லிய படலமாக ஆக்கப்பட்டுக் கையாளப்

வெளியீடு

அணுக்கரு	அரைஆயுள்காலம்	ஆற்றல்	கனிம எக்ஸ் கதிர்
Fe -55	2.7 ஆண்டு	5.9. KeV	Mn எக்ஸ் கதிர்
Cd -109	452 நாட்கள்	22.1KeV	Ag எக்ஸ் கதிர்
Am -241	458 ஆண்டு	59.57KeV	Np எக்ஸ் கதிர்



படம் 8. எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வுப் பகுப்பாய்வு–ஆற்றல் நிறப்பிரிகை முறை

(அ) பகுப்பாய்வு அமைப்பின் விளக்கக் கோட்டுப்படம் (ஆ) பதிக்கப்பட்ட எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வு நிறமாலை (மாதிரிப்படம்)

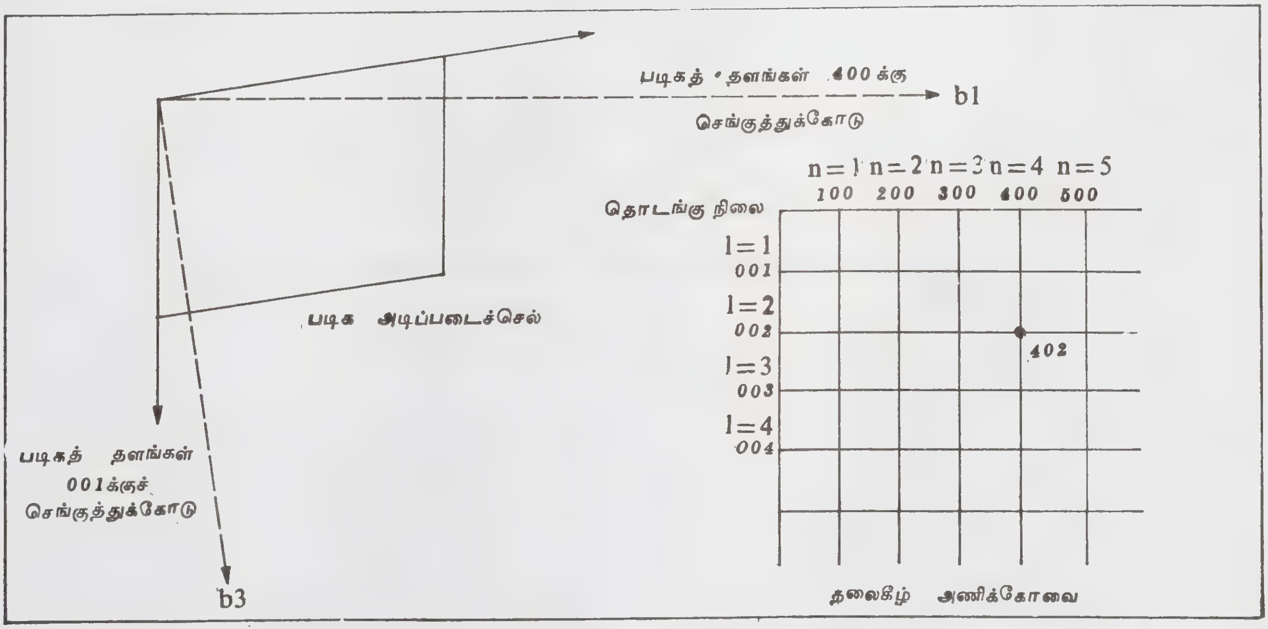
பட வேண்டும். நீர்ம்மாகவும் கையாளலாம். எக்ஸ் கதிர் ஒளிர் கதிர்கள், குறை கடத்திப் (Si, Li) பகுப்பான் மீது பட்டு, பல்வழிப் பகுப்பான் மூலம் ஆராயப் படுகிறது. ஒளிர்வு நிறமாலையின் செறிவு ஆற்றல் வரிசைப்படி பதிக்கப்படுகின்றது (படம்-8 ஆ). இம் முறையின் உதவியால் குறைந்த அடர்வுள்ள மாசைக் கண்டறியலாம். எடுத்துக்காட்டாகக் காற்று, புகையிலை, தேயிலை போன்றவற்றில் உள்ள மாசை இம் முறை கொண்டு விரைவாகக் கண்டறியலாம்.

- பா. வேங்கடரமணி.

எக்ஸ் கதிர் படிகவியல்

படிகக் கட்டுமானங்களை எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவைக் கொண்டு கண்டறியலாம். படிங்களை இயற்கை விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணிகளைப் (gratings) போல் பயன்படுத்தலாம் என்ற முன்னறிவிப்பினை ஜெர்மானிய அறிவியலார் மாக்ஸ் வான் லாவே 1912 இல் அறிவித்தார். அதே ஆண்டில் இதைப் பயன்படுத்தி டபுள்யூ. பிரெடரிக், பி. நிப்பிங் என்போர் ஓர் எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு ஒளிப்படம் எடுத்தனர். இது லாவே முறை எனப் படுகிறது. 1913 இல் டபுள்யூ. லாரன்ஸ் பிராக் என்பார் NaCl, KCl ஆகியவற்றின் படிக அமைப்புகளை லாவே ஒளிப்பட முறையில் வெற்றிகரமாக ஆய்வு செய்தார். இதன் மூலம் சிக்கலான லாவே முறைக்கு மாற்றாக எளிய ஒளிப்பட முறையைப் பிராக் எடுத்துரைத்தார், இவர் தம் தந்தை வில்லியம் எச். பிராக் உருவாக்கிய முதல் எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை அளவியில் (x-ray spectrometer) ஒற்றை நிற ஒளியைப் பயன்படுத்தி எளிய படிக அமைப்பைக் கண்டறிந்தார். துத்தநாக சல்ஃபைடு, புளூர்ஸ்பார் இரும்பு பைரைட்டுகள், வைரம் ஆகியவற்றின் அமைப்பைக் கண்டறிந்தார்.

விளிம்பு விளைவு. படிகம் என்பது அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளை ஒழுங்கான வடிவமைப்பில் முப்பரிமாணத்தில் கொண்டதாகும். இந்த ஒழுங்கான வடிவமைப்பு எடுத்துக்கொண்ட ஒரு சிறு துண்டுப்பொருள் முழுதும் காணப்பட்டால் இதை ஒற்றைத் தனிப்படிகம் (single crystal) எனலாம். முப்பரிமாணத்தில் மூலக்கூறுகளின் அமைவிடங்களை ஒழுங்கான வடிவமைப்பைக் கொண்ட ஒற்றை அல்லது அடிப்படைக் கூடு (unit cell) பற்றித் தெளிவாகக் கூறினால் படிக அமைப்பை எளிதில் கண்டறியக் கூடும். மிக நெருக்கமான ஒழுங்கான வடிவமைப்புக் கொண்டுள்ள அணுக்களின் அமைப்பு, படிகத்தை ஒரு விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியாகச் செயல்பட வழிசெய்கிறது. பிராக், எக்ஸ் கதிர்களின் குறுக்கீட்டு விளைவை (interference) எக்ஸ் கதிர்கள், படிகங்களின் சமதொலைவில் அமைந்த அடுத்தடுத்துப் பிளவுறு தளங்கள் lattice planes) ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் வரும் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்களால் நிகழ்கிறதெனக் கருதினார், இவருடைய மிக முக்கியமான சமன்பாடு $2d \sin\theta = n\lambda$ ஆகும். இதில் d அடுத்தடுத்த தளங்களின் இடைத்தொலைவு, θ எதிரொளிக்கப்பட்ட



படம் 1. தலைகீழ் அணிக்கோவையை இருபரிமானத்தில் வடிவியல் முறையில் காட்டுகிறது.

கதிரின் கோணம், λ பயன்படும் எக்ஸ் கதிரின் அலை நீளம்,n நிறமாலை வரிசை எண் ஆகும்.

கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தொகுப்பான அடுத்தடுத்த தளங்களிலிருந்து வரும் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் ஒத்த கட்டங்களிலிருக்க வேண்டுமானால் அடுத்தடுத்த தளங்களில் இருந்து வரும் கதிர்களின் பாதை வேறுபாடு முழு எண் அலைநீளங்களின் பெருக்கங்களாக nλ அமைய வேண்டும் எனப் பிராக் கருதினார். எதிரொளிக்கப்பட்ட nவரிசைக் கதிரைக் கருதுவதைவிட இக்காலத்திய எக்ஸ் கதிர்ப் படிகவியலார் பிராக் விதியை $\lambda = 2dnkl$ என மீள் வரையறை செய்கின்றனர். dnkl என்பது hkl எனும் மில்லர் எண்களைக் கொண்ட தளங்களுக்கான குத்துயரத் தொலைவு ஆகும். dhl இடைத் தொலைவு கொண்ட ஒரு தொகுப்பான தளங்களிலிருந்து (hkl) வரும் எதிரொளிக்கப்பட்ட அலைவுகளின் n வரிசை விளிம்பு விளைவுப் பெருமம் செங்குத்துத் தொலைவு dnh,nk,nl=dnkl/n கொண்ட இணையான தொகுப்புத் தளங்களிலிருந்து (nh,nk, nl) பெறப்படும் முதல் வரிசை எதிரொளிப்பிற்கு ஒப்பானதாகும்.

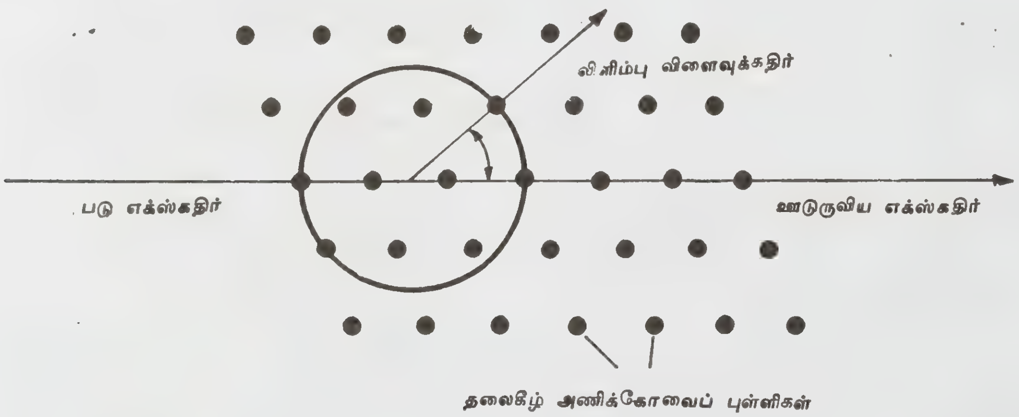
தலை கீழ் அணிக்கோவை. பி.பி.வால்ட், ஜெ. டி. பெர்னால், எம்,ஜெ. பர்ஜெர் போன்றோரே தலைகீழ் அணிக்கோவை (reciprocal lattice) உருவாகக் காரணமானவர்கள்.

ஒரு தலைகீழ் அணிக்கோவை என்பது முப்பரிமான வடிவில் புள்ளிகளைக் கொண்டு படிகத்தின் அணிக்கோவைகளுடன் தொடர்புடையது. படிக அணிக்கோவையில் உள்ள ஒவ்வொரு தொகுதித் தளமும் (hkl) தலைகீழ் வெளியில் hkl ஐ அச்சு தூரங்களாகக் கொண்ட புள்ளிகளாகக் குறிக்கப் படுகின்றது.

ஒரு தொடங்குநிலை (origin) தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டு அது (000) என்று குறிக்கப்படுகிறது. நேரிடை வெளியில், மில்லர் எண்கள் (hkl) கொண்ட ஒவ்வொரு தொகுதி இணை தளங்களுக்கும், தலைகீழ் அணிக்கோவையின் தொடங்கு நிலையிலிருந்து தொலைவிற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலிருக்கும் படம் 1 இல் உள்தள இடைவெளி d 402 கொண்ட தொகுதியான இணை தளங்கள் தலைகீழ் வெளியில் 402 என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்பட்டு உள்ளன. அடுத்தடுத்து தளங்களுக்குக் குத்தான திசையில், தலைகீழ் தளத்தின் தொடங்கு நிலையில் இருந்து 402 என்ற புள்ளியைக் கொண்ட செங்குத்துத் திசையம் B 402 இன் நீளம் $\left| B\ 402 \right| = \frac{K}{d\ 402}$ என்பது சார்பிலா மாறிலி.

தலைகீழ் அணிக்கோவைகளை அளவிடுவதில் பயன்படும் Kஇன் மதிப்பு ஒன்று அல்லது அலை நீளம் λஎன்றும் கொள்ளலாம். இங்கே Kஇன் மதிப்பை 1 என வைத்துக் கொள்ளலாம். முப்பரிமாண ஒழுங்கான வடிவமைப்புக் கொண்ட படிக அணிக்கோவைகளுக்குப் பயன்படும் முறை முப்பரிமாணத் தலைகீழ் அணிக்கோவைகளில் முடிவுறும் என்று காட்ட முடியும்.

கோளக எதிரொளிப்பு. படிகங்களில் எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு நிகழ்வதை வடிவியல் முறையில் தலைகீழ் வெளியில் கோளக எதிரொளிப்பைக்



படம் 2. கோளக எதிரொளிப்பு (தலைகீழ் அணிக் கோவையில்)

(sphere of reflection) கொண்டு விளக்க முடியும். (படம் 2). ஆரம் $1/\lambda$ கொண்ட கோளம் ஒன்று வரையப்பட்டுள்ளது ($\lambda = 1$). இதில் படு எக்ஸ் கதிர், மீள் எக்ஸ் கதிர் இரண்டும் ஓரலகுத் திசையம் S_0 எனக் குறிக்கப்படுகிறது. கோள விட்டத்தின் திசையில், படு எக்ஸ் கதிரும், மீள் எக்ஸ் கதிரும் செல்கின்றன. படிகம் C ஐக் கோளக எதிரொளிப்பின் மையத்தில் அமைந்துள்ளதாக எடுத்துக் கொள்ள லாம். கோளக எதிரொளிப்பிலிருந்து மீள் எக்ஸ் கதிர் வரும் புள்ளியில் தலைகீழ் அணிக்கோவையின் தொடங்குநிலை 000 இருப்பதாக வைக்கப்படுகிறது, கோளக எதிரொளிப்பின் பரப்பைத் தலைகீழ் வெளி யில் உள்ள புள்ளி வெட்டுமானால் விளிம்பு விளைவுக் கதிர் உருவாகிறது.

படம் 2 இல் தலைகீழ் அணிக்கோவைப் புள்ளி P கோளக எதிரொளிப்புப் பரப்பில் அமைந்துள்ள தைக் காணலாம். இதிலிருந்து இரு முக்கிய முடிவு கள் பெறப்படுகின்றன. தொகுப்பான படிகத் தளங் கள் (hkl) க்குத் தலைகீழாக உள்ள புள்ளி பிராக் விதிக்கு உட்படுவதுடன் படு எக்ஸ் கதிரை எதிரொளிக்கிறது. கோளத்தின் மையம் C இலிருந்து வெளிவரும் விளிம்பு விளைவுக்கதிரின் திசையில், கோளகப் பரப்பில் புள்ளி P அமைந்துள்ளது. முதன்மைக் கதிர் S_0 க்கும் விளிம்பு விளைவுக் கதிர் S க்கும் இடைப்பட்ட கோணம் 2θ ஆகும்.

தலைகீழ் அணிக்கோவை, நேரடி அணிக்கோவை யுடன் அமைப்பு வகையில் தொடர்புடையது என்று அதன் வரையறையிலிருந்தே கூற முடியும். படிகத் தின் சுழற்சி அச்சைப் பற்றிச் சுழற்றி, அதே கோண அளவிற்குத் தலை கீழ் அணிக்கோவை தொடங்கு நிலை O வழியே இணையான அச்சு ஒற்றைப் பற்றிச் சுழற்றினால் அது கோளக எதிரொளிப்பின் வழிச் செல்லும். படிக சுழற்று முறையில், λ அலைநீளங் கொண்ட எக்ஸ் கதிர்களைக் கொண்டு பதிவு செய்யப்படும் விளிம்பு விளைவின் பெருமங்களை, கோளக எதிரொளிப்பை வெட்டும் தலைகீழ் அணிக் கோவையை hkl என்னும் புள்ளிகளால் குறிக்க வேண்டும். $2/\lambda$ ஆரங்கொண்ட கோளத்தினுள் அமையும் விளிம்பு விளைவு பெருமங்களைக் கொண்ட புள்ளிகளை உடைய அக்கோளம் வரம்புக்குட்பட்ட கோளம் எனப்படும்.

பதிவு செய்யும் முறை. எக்ஸ் கதிர்கள் அணுக் களில் உள்ள எலக்ட்ரான்களால் சிதறடிக்கப்படுவ தால் ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுக் கதிரின் செறி வும் அடிப்படைச் செல்லில் உள்ள அணுக்களின் அமைவிடங்களைச் சார்ந்துள்ளது. அச்சுத் தொலை வில் மாறுபாடு ஏற்பட்டால் கதிர்களின் செறிவும் மாறுபடக்கூடும். படிகக் கட்டுமானத்தைச் சரியாக அறிய வேண்டுமானால், ஒவ்வொரு தலைகீழ் அணிக் கோவைப் புள்ளியிலிருந்தும் வெளிவரும் விளிம்பு விளைவுக் கதிர்களின் செறிவைத் தக்க வகையில் பதிவு செய்தல் வேண்டும்.

பிராக் எக்ஸ் கதிர் நிறமாலைஅளவு முன்பு ஓர் அயனியாக்கும் கலத்தைப் பயன்படுத்தி எக்ஸ் கதிர் எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் செறிவை அளக்கப் பயன்பட்டது. பின்பு ஒளிப்படவியல் முறையில் பதிவு செய்தல் சிறந்ததெனக் கருதப் பட்டது. 1960 ஆம் ஆண்டின் தொடக்கம் வரை ஒளிப்படவியல் முறையில் செறிவைப் பதிவு செய்து, வழக்கமாகக் கண்களால் பார்த்தே பெரும் பகுதியான படிகங்களின் கட்டுமான அமைப்புகள் தீர்மானிக்கப் பட்டன. முப்பரிமாணப்படத்தில் பதிவு செய்து ஆய்ந்து முடிப்பதற்குச் சில மாதகாலம் பிடிக்கும். காலத்தை மிகுதியாகச் செலவிட வேண்டியது தவிர்க்க முடியாததாகி விடுகிறது. அளவிடப்படும் சார்புச் செறிவுகள் 15-20% வரையிலான திருத்தமாகவே உள்ளன. இதை முப்பரிமாண வேதியியலுக்கும் அமைப்புவச ஆய்வுகளுக்கும் (confirmational analysis) பயன்படுத்தலாம்.

1935 ஆம் ஆண்டுக்குப் பிறகு உயர்ந்த நிலைப் பாடுடைய, உணர்வு நுட்பம் மிக்க, சிறந்த காணி களையும் (detectors) கொண்ட எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவுக் கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டன. இதில் கைகர் எண்ணி (Geiger counter) ஒளித்தெறிப்பு எண்ணி (scintillation counter), விகிதமுறு எண்ணி (proportional counter) ஆகியன உருவாக்கப்பட்டன. இப்புதிய கருவிகளின் உருவாக்கம் நுட்பமாகவும், விரைவாகவும் செறிவைப் பதிவு செய்வதற்குப் பயன் பட்டது. தானியங்கி விளிம்பு விளைவுக் கருவிகள் சேர்ப்புச் சுற்றுகளைக் கொண்டவை. இவை படிகங்களின் அசைவிற்கேற்ப இசைந்து செல்வதால் ஒவ்வொருநாளும் 200-1000 விளிம்பு விளைவுக் கதிர்கள் வரை ஒரே சமயத்தில் 5% பிழையோடு பதிவு செய்யலாம்.

படிகக் கட்டுமானப் பகுப்பாய்வு. விளிம்பு விளைவுப் பெருமத்தை அடிப்படைக் கூட்டின் உருவம் அளவு வடிவியல் முறையில் தீர்மானிப்பதாக இருந்தாலும், எதிரொளிப்பின் செறிவு அடிப்படைக் கூட்டினுள் விரவியுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை, பண்புகள் இவற்றைக் கொண்டே தீர்மானிக்கப்படும். படிகக் கட்டுமானப் பகுப்பாய்வில், விளிம்பு விளைவுக் கதிர் களுடைய கட்டத் தொடர்பின் தீர்வினின்றும், சரியான கட்டமைப்பைப் பெறமுடியும். விளிம்பு விளைவுக் கதிரின் செறிவு அதன் வீச்சின் இருமடி யுடன் தொடர்புடையது. அதாவது $I_{hkl} = k[F_{hkl}]^2$ ஆகும். இதில் F_{hkl} என்பது வீச்சின் கட்டுமானக் காரணியாகும். ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுக் கதிரும் செறிவுப் பண்பைக் கொண்டதோடு, கட்டப் பண்பு கோணம் α_{hkl} உடையதாகவும் உள்ளது.

இது ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுக் கதிரும், ஒன்று மற்றொன்றுடன் எத்தளத்தில் அமைந்துள்ளதென்பதைத் தெரிவிக்கும்.

முப்பரிமாண ஃபூரியர் தொடரிலிருந்து எலெக்ட்ரான் சிதறல் அடர்த்தி $\rho(xyz)$ பெறலாம்.

$$\rho\,(xyz) = \frac{1}{V}\sum_h \sum_k \sum_l \left|F_{hkl}\right| \text{Cos} \left\{ 2\pi\,(hx + ky + lz) - \alpha_{hkl} \right\}$$

இச்சமன்பாட்டில், அடிப்படைக் கூட்டின் பருமன் V எனவும், அதன் அச்சுத் தொலைவு x, y, z எனவும் கொள்ளலாம். ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுக் கதிரின் வீச்சு $[F_{hkl}]$ உம், கட்டம் $[\alpha_{hkl}]$ உம் தெரிந்தால் அடிப்படைச் செல் ஒன்றின் எந்தவொரு புள்ளியிலும் கூட எலெக்ட்ரான் அடர்த்தியைக் கண்டறியமுடியும். முப்பரிமாண வடிவில் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தியைக் காட்டும் படம் ஒன்று சரியான கட்ட நிலையில் அமைந்து விட்டால், அதனின்றும் அடிப்படைச் செல்லில் உள்ள அணுக்களைப் பற்றிய பண்புகளைத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். ஆனால் எக்ஸ் கதிர்ப் படிகவியலில் கட்டத்தொடர்பான சிக்கல் எழுகிறது. ஏனெனில் ஆய்வு வழி அளவீடுகள், கட்டுமானக் காரணிகள் $[F_{hkl}]$ இன் எண்மதிப்பை மட்டுமே கொடுக்கும். கட்ட மதிப்புகள் α_{hkl} ஐத் தருவதில்லை. ஒரு முப்பரிமாண எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி வரைபடத்தைப் பெற்று அதிலிருந்து படிகக் கட்டுமானத்தை ஆய்வு செய்வதற்கும், முடிவுகள் எடுப்பதற்கும் காணப்பட்ட வீச்சுகளுடன் பயன்படுத்த வேண்டிய கட்டங்களையும் சேர்த்தே தேட வேண்டியதாகிறது.

அடிப்படைக் கூட்டில் உள்ள அணுக்கள் உருவாக்கும் சிதறலுடன் கட்டுமானக் காரணி தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இதைப் பின்வரும் சமன்பாடு தருகிறது.

$$F_{hkl} = \sum_n f_n\, T_n \exp\,[2\pi i\,(h_{xn} + k_{yn} + l_{zn})]$$

இதில் x_n, y_n, z_n, என்பவை மூன்று படிகவியல் அச்சுகளிலிருந்து n ஆவது அணுக்களின் பின்ன அச்சுத்தொலைவு ஆகும். f_n என்பது அமைதி நிலையில் உள்ள அணுவின் அணுச்சிதறல் காரணியாகும், சூழ்நிலையில், ஓர் அணுவில் உள்ள எல்லா எலெக்ட்ரான்களும், 2θ சிதறல் கோணத்தைப் பெற்று ஒத்த கட்டநிலையில் சிதறலுக்கு உட்பட்டால், f_n என்பது அணு எண்ணுக்குச் சமமாகும். T_n என்பவை வெப்ப இயக்கத்தால் f_n இல் ஏற்படும் மதிப்பு மாறுபாடுகளின் திருத்தப்பட்ட அளவீடு ஆகும். அடிப்படைச் செல்லில் உள்ள அணுக்களின் இடம் சரியாகத் தெரிந்தால் ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுக் கதிருக்குமுடைய சிக்கலான கட்டுமானக் காரணி எண் மதிப்பும், கட்டமும் கணக்கிட முடியும். இதைப்பின்வரும் சமன்பாடு விளக்குகிறது.

$$F_{hkl} = A_{hkl} + i\,B_{hkl}$$

$$A_{hkl} = \Sigma_n f_n\, T_n \text{ Cos } 2\pi\,(h_{xn} + k_{yn} + l_{zn})$$

$$B_{hkl} = \Sigma_n f_n\, T_n \text{ Sin } 2\pi\,(h_{xn} + k_{yn} + l_{zn})$$

$$i = \sqrt{-1}$$

எனவே $|f_{hkl}| = \sqrt{A^2_{hkl} + B^2_{hkl}}$

$$\alpha^{hkl} \tan \alpha^{hkl} = B_{hkl}/A_{hkl}/$$

மையச் சீர்மையுடைய படிகங்களைப் பொறுத்தவரை அணுக்கள் அடிப்படைக் கூட்டின் ஒவ்வொரு மூலையிலும் அமைந்து மையச் சீர்மையை ஏற்படுத்துகின்றன. எனவே மையச் சீர்மையுடைய படிகங்களின் கட்டுமானக் காரணி f_{hkl} சிக்கல் எண்ணாக (complex number) இல்லாமல் உண்மை எண்ணாகக் (real number) கிடைக்கிறது. x, y, z ஆகிய அச்சுத் தொலைவுகளில் உள்ள அணுக்கள் ஒவ்வொன்றிற்கும் -x, -y, -z ஆகிய இடங்களில் மையச் சீர்மைத் தொடர் பின்படி அணுக்கள் இருந்தே தீர வேண்டும். இதனால் $B_{hkl} = 0$ என்றும் $F_{hkl} = \pm A_{hkl}$ என்றும் பெறப்படும். விளிம்பு விளைவுக் கதிர்களின் கட்டங்களைப் பொறுத்தவரை அவை ஒத்த கட்டங்களில் (அதாவது $\alpha_{hkl} = 0°$, $F_{hkl} = + A_{hkl}$) அல்லது ஒவ்வாக் கட்டங்களில்தான் (அதாவது $\alpha_{hkl} = 180°$ $F_{hkl} = - A_{hkl}$) அமையும்.

பாட்டர்சன் வரைபடம். விளிம்பு விளைவுக் கதிரின் கட்டக்கோணத்தைப் (phase angle) பெறுவதற்குப் பல வழிமுறைகள் பயன்படுகின்றன. இதில் ஒரு முறையே 1930 இல் பாட்டர்சன் கண்டுபிடித்து, மிகவும் பயன்பட்டுவரும் பொது வழி முறையாகும். இம்முறையில் ஆய்விலிருந்து கண்டறியப்படும் F_{hkl} மதிப்புகளுக்குப் பதிலாக $|F_{hkl}|^2$ ஐ ஃபூரியர் தொடரில் குணகங்களாகப் பயன்படுகிறது. பெருமமான இந்தக் கூட்டலில் அணுமையங்களுடன் தொடர்புடையதாக இல்லாமல் அணுவிடை திசையன்களின் வரைபடத்துடன் தொடர்பு கொண்டதாகும். இந்த திசையன் வரைபடம் அடிப்படைக் கூட்டின் தொடங்கு நிலைக்கு இணையான அணுக்களுக்கு இடையில் மாற்றப்பட்ட, எல்லா அணுவிடை திசையன்களையும் மேற்பொருத்தப்பட்டுள்ளதைக் குறிக்கிறது. இரு அணுக்களுக்கிடையில் கொடுக்கப்பட்ட திசையனின் மிக உயர்ந்த நீளம் தோராயமாக, இவற்றின் அணு எண்களின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.

கனமான அணுக்களுக்கிடையில் உள்ள திசையன்கள் (அதாவது மிகுந்த அணு எண் கொண்டவை) பொதுவாகக் கன-எளிய அணு திசையன்கள், எளிய-எளிய அணு திசையன்கள், இவற்றிற்கு எதிரானவையாக உள்ளன. இதன் விளைவாக, பாட்டர்சன் வரைபடம், குறைந்த எண்ணிக்கைச் சார்புடைய கன அணுச் சேர்மங்களின் கட்டுமானங்களைக் கணிப்பதில் சிறப்பாகப் பயன்படுகிறது. ஏனெனில் பாட்டர்சன் வரைபடத்தில் கன அணுக்களின் திசையன்களைச் சரியாக இனங்காண முடிந்தால், இந்தக் கண அணுக்களின் தோராய அச்சுத் தொலைவுகளைப் பெற முடியும். கணிப்பொறிகளைக் கொண்டு பாட்டர்சன் வரைபடத்திலிருந்து அணு அச்சுத் தொலைவைப் பிரித்துக் காணும் திறன்மிக்க தொழில் நுட்பங்களை உருவாக்கியுள்ளனர்.

ஃபூரியர் எலெக்ட்ரான்-அடர்த்தி வரைபடம். மாதிரிக் கட்டுமான முடிவானது சில அணுக்கள் தொடக்க அச்சுத் தொலைவுகளைக் கொண்டிருப்பது பிற அணுக்களின் அமைவிடங்களைக் கணிப்பதற்குப் போதுமானது. இதற்கு அடுத்தடுத்த ஃபூரியர் எலெக்ட்ரான்-அடர்த்தி வரைபடமுறை பயன்படுகிறது. தெரிந்த அணு ஒன்றின் தொடக்க அளவீடுகளிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட கட்டங்கள், காணப்பட்ட $[F_{hkl}]$ யும் சேர்த்து, அடர்த்தி வரைபடம் உருவாக்குவதில் பயன்படுகிறது.

புள்ளியியல் முறை, கட்டங்களுக்குரிய சிக்கலைத் தீர்ப்பதற்கு நேரடி அல்லது புள்ளியியல் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது நிகழ்தகவு அறி முறையைக் கொண்டு உருவாக்கக் கூடிய தொகுப்பான கட்டங்கள், கட்டுமான வீச்சுக்களின் கருதுமுறைகளிலிருந்து பெறப்படுகிறது. நேரடியாகக் கட்டத்தைக் கணிப்பதில் பயன்படும் கணித அடிப்படை முறை ஜெ. கார்லே, எச். ஹாப்ட்மான் இவர்களின்விரிவான பணியால் உருவாகியதாகும். நேரடி முறைகள் வரம்புக்குட்பட்டே மையச் சீர்மையுடைய படிகங்களுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டாலும், புள்ளியியல் முறைகள் சிக்கலான மையச் சீர்மையில்லாத படிகக் கட்டுமானங்களைக் கணிப்பதில் மிகவும் வெற்றியைத் தருகின்றன.

காரணிகளைத் தூய்மையாக்கல் அல்லது ஒழுங்குப் படுத்தல். கட்டச் சிக்கலுக்குரிய தீர்வு தெரிந்தும், தோராயமாகச் சரியான மாதிரிக் கட்டுமானமும் தெரிந்திருந்தால் இறுதிக் கட்டமான கட்டுமானப் பகுப்பாய்வு, அணுவின் இடம், வெப்பம் தொடர்பான காரணிகளை நுட்பமாக்கலைக் கொண்டுள்ளது. பொதுவாக நுட்பமாக்கல் பகுப்பாய்வு கணிதமுறையில் நேர்கோடல்லாத (நேரிலா) மீச்சிறிய இருமடிகள் முறையைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படுகிறது. இதில் அளவிட்டறியக் கூடிய ஓர் அளவீடு

$$\sum W \left[\left|F_{(hkl)}\right|_{(obs)} - \left|F_{(hkl)}\right|_{(cal)} \right]$$

காணப்பட்டவை கணக்கிடப்பட்டவை

(இதில் எடை W, ஆய்வைப் பொறுத்தவரை தோராயமானது) காரணிகளைப் பொறுத்தவரை சுருக்கப்பட்டுள்ளது. இம்முறையின் நுட்பமாக்கல் காரணிகளின் சிறந்த மதிப்பைத் தருவதோடல்லாமல் அணுக்காரணிகளில் உள்ள புள்ளியியல் பிழைகளை மதிப்பிடுவதற்கான ஒரு முறையையும் தருகிறது. இதில் பிணைப்பு நீளம் கோணங்கள் இவற்றிற்குரிய படித்த விலக்கங்களையும் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். கட்டுமானத்தைக் கணிப்பதில் உள்ள திருத்தத்தை நேரடியாக மதிப்பிடுவதற்கு ஒரே ஒரு சார்புடைய முறை இல்லை. பொதுவாகப் பயன்படும் ஒரு காரணி பின்வரும் சமன்பாட்டால் வரையறை செய்யப்படுகிறது.

$$R_1 = \frac{\sum_{hkl} \left| \left|F_{hkl}\right|_{obs} - \left|F_{hkl}\right|_{cal} \right|}{\sum_{hkl} \left|F_{hkl}\right|_{obs}}$$

இச்சமன்பாட்டின் கூட்டலில் காணப்பட்ட கணக்கிடப்பட்ட கட்டுமான வீச்சுகளின் உண்மை வேறுபாட்டைக் காணப்பட்ட வீச்சின் கூட்டலால் வகுக்க R_1 கிடைக்கிறது. கட்டுமானம் சிறந்ததாக இருந்தால் அணு அச்சுத் தொலைவுகள், வெப்பக் காரணிகள் இவற்றையும் சேர்த்தே, கணிக்கப்பட்ட வீச்சுகள், காணப்பட்ட வீச்சுகளுடன் மிக நெருக்கமாக ஒத்துக் கொள்ளத்தக்க வகையில் அமையும். எனவே, R_1 மதிப்பு குறைவாக இருக்கும்.

இக்காலத்தில் கட்டுமானப் பகுப்பாய்வில் ஏற்படும் ஏற்றத்தாழ்வு மதிப்புகள் தோராயமாக 0.15-1 வரையிலும் மாறுபடுகின்றன. கட்டுமானச் சிக்கல், பெறப்படும் செய்திகளின் எண்ணிக்கை, தரம் போன்ற காரணிகளை இந்த மாறுபாடு சார்ந்துள்ளது,

எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவின் வழியாக ஆய்வு செய்யப்பட்ட நூற்றுக்கணக்கான படிகக் கட்டுமானங்களில் வைட்டமின் B_{12}, புரதங்கள் ஆகியவை அடங்கும். எக்ஸ் கதிர்ப்-படிகவியல் கனிம, கரிம வேதியியல்களில் சேர்மங்களின் கட்டுமானத்தைக் கணிப்பதோடல்லாமல் சேர்மத்தின் வேதியியல் சேர்க்கையை நேரடியாகக் கண்டறியவும் பயன்படுகிறது.

- கு. முருகேசன்

எக்ஸ் கதிர் வானியல்

சூரிய குடும்பத்திற்கு அப்பால் உள்ள மூலங்களில் இருந்து, அதாவது விண்பொருளிலிருந்து வரும் எக்ஸ் கதிர்களை ஆராயும் பகுதி எக்ஸ் கதிர் வானியல் (xray astronomy) எனப்படும். பேரண்டமெங்கும் சிதறிக் கிடக்கும் விண்மீன்களையும், கோள்களையும் ஆராய நீண்ட அலை நீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைத் தொகுப்பில் கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் ஒளியை மட்டுமே முன்பு பயன்படுத்தி வந்தனர். புதிய அறிவியல் கண்டுபிடிப்புகளின் மூலமாக இன்றைக்குக் கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் ஒளியை மட்டுமன்றி, அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் நுண் அலைகள் புறஊதாக் கதிர்கள் எக்ஸ் கதிர்கள் போன்ற கட்புலனுக்கு உட்படாத கதிர்களையும், நியூட்ரினோக்களையும் கூட வானியல் ஆய்வு முறைகளுக்குப் பயன்படுத்திக் கொள்ளும் வசதி பெருகியிருக்கின்றது.

தேவைகளைப் பொறுத்து மேற்கொள்ளப்படும் வழிமுறைகளுக்கு ஏற்ப நீண்ட அலைத் தொகுப்பில் காணப்படும் தனிச் சிறப்பியல்பு மிக்க மின் காந்த அலைகள் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. 10 மீட்டர் முதல் 1 மில்லி மீட்டர் வரை அலை நீளமுடைய கதிர்வீச்சு அலைகள் சூரியனின் புற வெளி மண்டலம், முழுச் சூரிய ஒளிமறைப்பு, சூரியக் கரும்புள்ளிகள், வெடித்துச் சிதறிய விண்மீன்களின் எச்சம் போன்றவற்றை ஆராயப் பயன்படுகின்றன. 1 மில்லி மீட்டர் முதல் 300,000 Å வரையுள்ள அகச்சிவப்புக் கதிர்களைக் கொண்டு வளிமண்டலத்தில் 30 கிலோ மீட்டர் உயரத்திற்கு அப்பால் மட்டுமே சிறப்பாக ஆராய முடியும். வளி மண்டலத்தில் உள்ள ஈரமும், கார்பன் டைஆக்சைடும் அகச்சிவப்புக் கதிர்களின் ஒரு சில பகுதிகளை மிகுதியாக உட்கவர்ந்து விடுகின்றன என்பதால் புவியின் பரப்பில் இருந்து கொண்டு ஆராய அகச்சிவப்பு வானவியல் முழுப்பயன் அளிப்பதில்லை.

விண்மீன் மற்றும் கோள்களின் பரப்பு வெப்ப நிலையை மிக நுட்பமாக அளவிடவும், குளிர்வுறும் விண்மீன், அண்டத்தின் பொது இயக்கம், குவாசர்கள் போன்றவற்றைப் பற்றி அறியவும் அகச்சிவப்பு வானவியல் பயன்படுகின்றது. 7000 - 4000 A வரையுள்ள குறுகிய நெடுக்கைக்குட்பட்ட கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் நிற அலைகள் மிக எளிதாகத் தரை மட்டத்தை அடைகின்றன. நிறவொளி வானியல் முழு வளர்ச்சி அடைந்து இன்றைக்குப் பெருமளவில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது. சூரியன், ஒளிர்வுறும் விண்மீன்கள், கோள்கள் அண்டத்தின் பொதுவியக்கம் ஆகியவை பற்றி அறிய இது மிகவும் பயன்படுகிறது. 4000 - 3000 A வரையுள்ள புறஊதாக் கதிர்கள், 300 - 1 A வரையுள்ள எக்ஸ் கதிர்கள் போன்றவற்றை ஏவூர்திகள் செயற்கைக் கோள்கள் மூலம் எடுத்துச் செல்லப் படும் கதிர் உணர் ஆயும் கருவிகளைக் கொண்டு ஆராய முடிகின்றது. இளம் விண்மீன்கள், வயதான விண்மீன்கள் சுற்றியுள்ள வெப்பமிக்க அயன மண்டலம் ஆகியவற்றைப் பற்றி ஆராயப் புற ஊதாக்கதிர்களும், வெடித்துச் சிதறும் விண்மீன்களைப் பற்றி ஆராய எக்ஸ் கதிர்களும் பயன்படுகின்றன.

1962 இல் ஏவூர்திகளை விண்வெளியில் செலுத்தி வானியல் தொடர்பான ஆய்வுகளை மேற்கொண்ட போது ஒரு பெரிய உண்மை தெரியவந்தது. வெறும் எக்ஸ் கதிர்களை மட்டுமே உமிழும் X- கதிர் விண்மீன்கள் இப்பேரண்டத்தில் உள்ளன என்பதை அப்போதுதான் அறிந்து கொண்டனர். முதல் எக்ஸ் கதிர் விண்மீன் ஏறத்தாழ நூறு ஒளி ஆண்டுகளுக்கு அப்பால் உள்ள ஒளி விண்மீன்குழுவில் கண்டறியப் பட்டது. இதற்கு ஸ்கோ x-1 (sco x-1) என்று பெயரிட்டுள்ளனர். இது தன் ஆற்றலை 99.9% வெறும் எக்ஸ் கதிர்களாகவே உமிழ்கின்றது. எக்ஸ் கதிர்கள் கட்புலனுக்கு உட்படாமையால் ஸ்கோ x-1 ஐச் சாதாரணமாகப் பார்த்து அறிந்துகொள்ள முடியாது. எக்ஸ் கதிர் வானியலால் மட்டுமே ஸ்கோ x-1 போன்ற விண்மீன்களைப்பற்றி அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது. அடுத்தடுத்து மேற்கொள்ளப்பட்ட பல ஆய்வுகளுக்குப் பிறகு, தற்போது நூற்றுக்கணக்கான எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன.

எக்ஸ் கதிர் உமிழ் விண்மீன்கள் பெரும்பாலும் அண்ட மையத்தில் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. பால்வழி மண்டலம் எனப்படும் மண்டலத்தில் மட்டும் ஏறத்தாழ 1250 எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்களைக் கண்டு பிடித்துள்ளனர். இவற்றுள் நண்டு ஒண்முகில் மண்டலம் (crab nebula) இரண்டாம் பெரிய எக்ஸ் கதிர் மூலமாக விளங்குகின்றது. ஸ்கோ x-1 ஐ விட நண்டு ஒண்முகில் மண்டலம் நூறு மடங்கு செறிவுள்ள எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்கின்றது. ஆனால் ஸ்கோ x-1 ஐவிடக் கூடுதலான தொலைவில், நண்டு ஒண்முகில் படலம் அமைந்திருப்பதால், அதனால் உமிழப்படும் எக்ஸ் கதிரின் செறிவு ஸ்கோ x-1 ஐவிட எட்டு மடங்கு குறைவு போலத் தோன்றுகின்றது.

பேரண்டத்தில் உள்ள அனைத்து விண்பொருள்களும் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்வதில்லை. வெப்பமிக்க பிளாஸ்மா, சிதைவுறு விண்மீன், நியூட்ரான் விண்மீன், கருந்துளை விண்மீன் போன்றவை எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்கின்றன என்பது தற்போது உறுதியாக்கப்பட்டுள்ளது.

வெப்பமிக்க பிளாஸ்மா நிலையில் உள்ள அயனிகள் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழலாம். பிளாஸ்மா என்பது நேர்மின் அயனிகளாகவும், எலெக்ட்ரான்களாகவும் பகுக்கப்பட்ட அணுக்களின் தொகுப்பாகும். பொருளின் நான்காம் நிலை எனப்படும் பிளாஸ்மா உயர்

வெப்பநிலையில் மட்டுமே இருக்க இயலும். சூரியன் போன்ற விண்மீன்களில் பொருள்கள் பிளாஸ்மா நிலையில் உள்ளன. சூரியனின் புற வெப்ப நிலை ஏறக்குறைய 6000K ஆகும். அவ்வெப்பநிலையில் பிளாஸ்மா எக்ஸ் கதிர்களை உமிழக்கூடிய வாய்ப்பை அது பெற்றிருப்பதில்லை. ஆனால் உயர் வெப்பநிலையில் உள்ள சூரியனின் உட்பகுதிகள் மிகச் சிறும அளவில் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்கின்றன. சூரியத் தீக்கொழுந்து பீறிடும் பொழுது இந்த எக்ஸ் கதிர்கள் பேரளவில் உமிழப் படுகின்றன. இதனால் புவியின் புற மண்டலப் பகுதி களில் உள்ள அயன மண்டலம் பாதிப்பிற்கு உள்ளா கின்றது. மேலும் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழும் சூரியத் தீக்கொழுந்து சூரியக் கரும்புள்ளிக்கு அருகில் மட்டுமே ஏற்படுகின்றது. இதனால் எக்ஸ் கதிர், வானியல் சூரியக் கரும்புள்ளி பற்றிய உண்மை களைத் தெளிவுபடுத்தும் என்று நம்பப்படுகிறது. மொத்தத்தில் சூரியனால் உமிழப்படும் எக்ஸ் கதிர் களின் செறிவு மிகவும் குறைவு. சில விண்மீன்களில் 10K வெப்பநிலையில் உள்ள பிளாஸ்மா 100KeV ஆற்றலுடைய எக்ஸ் கதிர்களை உமிழக் கூடியதாக இருப்பதால், அவற்றைப் பற்றி ஆராய எக்ஸ் கதிர் வானியலே பெரிதும் துணை புரிகின்றது.

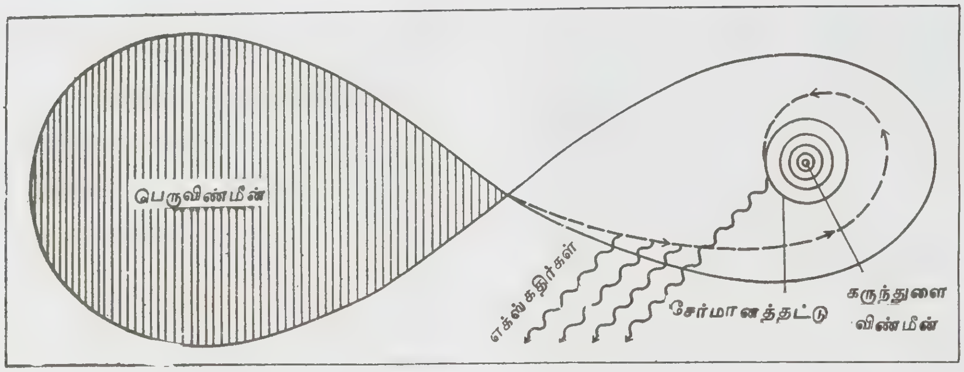
பேரண்டத்தில் அனைத்து விண்மீன்களுக்கும் ஆற்றல் மூலமாக இருப்பதன் காரணம் அணுக்கருப் பிணைப்பு (nuclear fusion) வினையேயாகும். இந்த வினையின்போது ஓரளவு பொருள் சிதைந்து ஆற்றலாக உருமாறுகின்றது. எல்லா வகையான அணுக்களிலும் இரும்பு அணுக்கருதான் நிலைப்புத் தன்மை மிக்கது. இதனால் அணுக்கருப் பிணைப்பு வினை, இலேசான அணுக்கள் இரும்பு அணுக்களாகப் பிணைவுறும் வரை தொடர்கின்றது. அதன் பின் அணுக்கருப் பிணைப்பு வினை நடைபெற இயலாத தால், ஆற்றல் உற்பத்தி தடைப்படுகின்றது. பொது வாக, புறப் பகுதிகளைவிட விண்மீனின் மையப் பகுதி சற்று முன்னதாகவே இந்நிலையை அடைந்து விடுகின்றது. இதனால் ஈர்ப்புச் சுருக்கம், வெப்ப அழுத்தச் சமநிலை பாதிக்கப்பட்டு, மையப் பகுதி சுருங்கத் தொடங்குகின்றது. அந்நிலையில் ஒரு விண்மீனின் நிறை, சூரியனின் நிறையைப்போல் 1.4 மடங்குக்கு மேல் இருந்தால் வெடித்துச் சிதறி விடு கின்றது. இது 'சந்திரசேகரின் எல்லை' எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. சந்திரசேகரின் எல்லைக்கு உட் பட்ட நிறை உடைய விண்மீன் சற்றுக் கூடுதலான காலம் வாழ்கின்றது. இதுவே சிறு வெள்ளை விண் மீன் என்று வழங்கப்படுகிறது.

கூடுதலாகும் ஈர்ப்புச் சுருக்கத்தால், அணுவின் புற வெளியில் உள்ள எலெக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதை இறுக்கப்படுகின்றது. அதனால் அது அணுக்கரு விற்குள் நுழைந்து அங்குள்ள ஒரு புரோட்டா னோடு இணைந்து ஒரு நியூட்ரான் ஆகிவிடுகின்றது. இது பீட்டா சிதைவிற்கு எதிரிடையான ஓர் அடிப் படைத் துகளிடை வினையாகும். நியூட்ரான்களின் பாலியின் ஒதுக்கல் கொள்கைக்கு உட்படுவதால் அவை அதிகரித்துக் கொண்டே வரும் ஈர்ப்புச் சுருக்கத் திற்கு ஒரு மட்டத்தில் எதிர்ப்பைத் தெரிவிக்கின்றன. அதனால் ஏற்படும் திடீர் அதிர்ச்சியால் அலைகள் விண்மீனின் மையப் பகுதியில் உள்ள ஆற்றலைப் புற மண்டலப் பகுதிகளுக்குக் கடத்திச் செல்கின்றன. இது மையப் பகுதியைச் சுற்றிப் போர்வை போலிருந்த புற மண்டலப் பகுதியின் வெப்பநிலை யைத் திடீரென மிக அதிக அளவிற்கு உயர்த்தி விடுவதால், சமநிலைப் பாதிப்பு ஏற்பட்டு, வெடித்துச் சிதறி விடும். இந்த நிகழ்ச்சியையே சிதைவுறு விண்மீன் என்பர். இதற்குப் பிறகு எஞ்சி நிற்கும் உள்ளகத்தை நியூட்ரான் விண்மீன் என்பர். சிதை வுறு விண்மீன், நியூட்ரான் விண்மீனாக மாறும் போதும் பேரளவில் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்கின்றது.

சிதைவுறு விண்மீன் நிகழ்வொன்று கி. பி. 1054 இல் நண்டு ஒண் முகில் மண்டலத்தில் நடந்தாகவும், அதற்குப் பிறகு, அது 1968 இல் மாறொளிர் விண் மீன் (pulsar) ஆக மாறியதாகவும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. மாறொளிர் விண்மீன் என்பது மாறி மாறி ஒளிவிடும் ஒரு சுழலும் நியூட்ரான் விண் மீனாகும். இந்நிலை அடைந்த் விண்மீனின் ஆரம் ஏறத்தாழப் பத்து கிலோ மீட்டரே இருக்கும் என்று மதிப்பிட்டுள்ளனர். அடர்த்தி மிக்க நியூட்ரான் விண்மீன்கள் அனைத்தும் ஆற்றல் மிக்க எக்ஸ் கதிர்களை உமிழும் மூலங்களாக விளங்குகின்றன. இதனால் நியூட்ரான் விண்மீனை எக்ஸ் கதிர் விண் மீன் என்றும் குறிப்பிடுகின்றனர்.

நியூட்ரான் விண்மீனின் நிறை 3, 2 மடங்கு சூரியனின் நிறையைவிட மிகுதியாக இருக்குமானால், அது காலப்போக்கில் கருந்துளை விண்மீனாக மாறி விடும். கருந்துளை விண்மீனின் ஆரம் ஒருசில கிலோ மீட்டர் மட்டுமே இருப்பதாலும் இதன் விடுபடு திசை வேகம் (escape velocity) ஒளியின் வேகமாக அமைந்திருப்பதாலும் ஒளிகூடக் கருந்துளை விண்மீனை விட்டு வெளியேறுவதில்லை.

அண்டவெளியில் கருந்துளை விண்மீன்களை இனங்கண்டுகொள்வதற்கு எக்ஸ் கதிர் வானியலே பெரிதும் துணைபுரிகின்றது. அண்டத்தில் இரும விண்மீன் (binary star) என்ற அமைப்பு மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படுகின்றது. இரும விண் மீன் எனப்படுவது, ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருகின்ற இரு விண்மீன்களாகும். இரும விண்மீன்களில் ஒன்று கருந்துளை அல்லது நியூட்ரான் விண்மீனாகவும், மற்றொன்று சாதாரண விண்மீனாகவும் இருக்கு மெனில், கருந்துளை விண்மீன், தனக்கு அருகில் சூரியனைப் போல 10—20 மடங்கு நிறையுடையதாக இருக்கும். மற்றொரு விண்மீனின் வளி மண்டல



வளிமத்தைக் கவர்ந்து உறிஞ்சுகின்றது. இவ்வளிமம் அடர்த்தி மிக்க விண்மீனின் பரப்பை அடைவதற்கு முன்பே அதன் வெப்பநிலை பல இலட்சம் டிகிரி கெல்வின் அளவுக்கு உயர்கின்றது. அப்போது இவை எக்ஸ் கதிர்களை உமிழ்கின்றன.

பால்வெளி மண்டலத்தில் இரும விண்மீன்கள் கோடிக்கணக்கில் காணப்பட்டாலும் அவற்றுள் ஒரு சில மட்டுமே மிக நெருக்கமாகக் காணப்படு கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சைக்னஸ் எக்ஸ்-1 என்ற இரும விண்மீன் இவ்வமைப்பைச் சார்ந்த தாகும். இவற்றுள் ஒரு விண்மீன், கட்புலனுக்கு உட்படாத மற்றொரு விண்மீனை ஐந்து அல்லது ஆறு நாள்களுக்கு ஒரு முறை சுற்றி வருகின்றது. கட்புலனுக்கு உட்படாத விண்மீனின் நிறை, சூரியனின் நிறையை விட எட்டு மடங்கு மிகுதியாக உள்ளது. அதன் புறப்பரப்புப் பகுதிகள் எக்ஸ் கதிர் களை உமிழக்கூடியனவாக உள்ளன. ஒரு சுற்றுப் பாதையில் இயங்கி வரும் பெரு விண்மீன் கருந் துளையை மறைக்கும்போது, எக்ஸ் கதிர்கள் புவியை வந்தடைவதில்லை. எனவே கட்புலனுக்கு உட்படாத விண்மீன், கருந்துளை விண்மீன் என்று சுட்டப் படுகிறது.

கருந்துளையின் புறப்பரப்புப் பகுதியிலிருந்து எக்ஸ் கதிர்கள் எவ்வாறு வெளிவருகின்றன என்பதற்கான விளக்கத்தையும் ஓரளவு ஊகித்தறிந்துள்ளனர். அருகி லுள்ள விண்மீனின் வளிம நிலைப் பொருள்களைக் கருந்துளை விண்மீன் உறிஞ்சும்போது அவை மிகை ஈர்ப்பினால் முடுக்கத்திற்கு உள்ளாகின்றன. கருந்துளை விண்மீனை அடைவதற்கு முன்பாக, ஒரு சுருள் (spiral) பாதையில் நெருங்கிய, வளிமப் பொருள்கள் கருந்துளையைச் சுற்றித் தட்டு வடிவில் தொகுக்கப்படுகின்றன (படம்-1). இத் தட்டிலுள்ள அணுக்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொள்ளும்போது எக்ஸ் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன.

எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்களை ஆராய்வதற்கெனத் தனியாக ஒரு வானியல் ஆராய்ச்சி மையம் 1978 இல் அமெரிக்காவில் நிறுவப்பட்டுள்ளது. ஐன்ஸ்டீன் வானியல் ஆராய்ச்சி மையம் என்ற பெயரில் இயங்கி வரும் இந்நிலையத்தில் 55 செ. மீ. விட்டமுடைய வானத் தொலை நோக்கி உள்ளது. இதைக் கொண்டு அண்டம், அதற்கு அருகில் உள்ள அண்டங்களின் எக்ஸ் கதிர் மூலங்கள் ஆகியவற்றைத் தெளிவாக ஆராய முடிகின்றது. மேலும் பல புதிய கண்டுபிடிப்புகளையும், கொள்கை களையும் நிறுவ முடியும் என்று நம்பப்படுகிறது.

- தனலெட்சுமி மெய்யப்பன்

நூலோதி. V.L Ginzburg, *Key Problem of Physics and Astrophysics*, Mir Publishers, 1978; Isaac Asimev, *The Universe*, Penquion Book, Third edition 1983.

எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்

சூரிய மண்டலத்திற்கு அப்பால் உள்ள, எக்ஸ் கதிர் களை வெளியிடும் மூலங்கள் எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள் (x-ray stars) எனப்படும். (ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குட்பட்ட அலைவு நீளத்தையுடைய மின் காந்த அலைகளால் பரப்பப்படும் ஆற்றலுக்கு எக்ஸ் கதிர் என்று பெயர்). 1962-ஆம் ஆண்டு முதல் எக்ஸ் கதிர் காணும் கருவிகளைக் கொண்டு அண்ட வெளியை வானியலாளர் ஆராய்ந்து வருகின்றனர். 1962 ஆம் ஆண்டு எக்ஸ் கதிர் அறியும் கருவியைத் தாங்கிய ஏவுகணை மூலம் நிலாவை ஆராய முற்பட்ட போது எக்ஸ் கதிர்களை மிகுந்த ஆற்றலுடன் விருச்சிக ராசியிலிருந்து வீசும் ஸ்கார்ப்பியஸ் X-1 என்ற தோற்றுவாயைக் கண்டறிந்தனர். இந்த ஸ்கார்ப்பியஸ் X-1 ஐ 13 ஆம் நிலையிலுள்ள பொலிவுப் பரிமாணம் (magnitude) உடைய விண்மீன் என்று அறுதி யிட்டனர். இந்த எக்ஸ் கதிர் விண்மீன் சூரியனை விட 10^{16} மடங்கு ஆற்றலுடைய கதிர்களை வீசுகின்றது என்றும் மிகுந்த நீல நிறமுடையது என்றும் கண்ட னர். 1968 ஆம் ஆண்டு சைக்னஸ் X-1 சைக்னஸ் X-2 என்ற எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்களைக் கண்டறிந்தனர்.

1970 ஆம் ஆண்டு இறுதியில் கிழக்கு ஆப்பிரிக்கக் கடற்கரையிலிருந்து இத்தாலிய ஏவுகணையிலிருந்து உஹுரு என்ற அமெரிக்கச் செயற்கோளை விண்ணில் செலுத்தினர். அதன் மூலம் சென்டாரஸ் X-3, GX3+1, GX5-1, ஹெர்குலஸ் X-1 போன்ற முப்பது எக்ஸ் கதிர் தோற்றுவாய்களைக் கண்டுபிடித்தனர்.

எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்களுக்குத் தனித்தன்மை அளிப்பவை அவற்றின் அடர்த்திமிகு மின்னொளிர்வும், அடிக்கடி ஒளிர்வு மாறும் தன்மையின் விரைவும் ஆற்றலும் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக, சைக்னஸ் எனப்படும் விண்மீன் குழுவில் சிக்னஸ் X-1 என்ற எக்ஸ் கதிர் விண்மீனின் ஒளிர்வு கண் இமைக்கும் நொடியில் மாறுகின்றது. மேலும் காட்சி வண்ணத்திறம் மிக்கவை எக்ஸ் கதிர் நோவே என்னும் விண்மீன்கூட்டமாகும். இவை திடீரென்று கண்ணைப் பறிக்கும் ஒளியுடன் தோன்றிச் சில மாதங்கள் வரை ஒளியை அதிகரித்துக் கொண்டு இருந்து, பிறகு விரைவில் மறைந்து விடுபவை. ஆனால் பெரும்பான்மையான எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள் சில நொடிகளே விண்ணில் இருந்து பின் மறைந்து விடுகின்றன. மாறாக, சாதாரண விண்மீன்கள் 'மினுக், மினுக்' என்ற தம் இயல்பான ஒளியுடன் விண்ணில் ஒளிவிட்டுக் கொண்டேயிருக்கும்.

சாதாரண விண்மீன்களின் ஒளியின் செறிவைவிட எக்ஸ் கதிர்களின் செறிவு பல்லாயிரம் மடங்கு மிகுதியாதலால் எக்ஸ் கதிர்களை உருவாக்கப் பல கோடிக் கூறு வெப்பம் தேவை. எக்ஸ் கதிர் ஒளி மிகக் குறுகிய கால அளவுத் தன்மையினால் மிகச் சிறிய, நெருக்கமாக இணைக்கப்பட்ட பொருள்களினின்று வீச வேண்டும். இத்தகைய பொருள்கள் மூன்றுவகைப்படும்: அவை வெள்ளைத் தாழ் ஒளிர் விண்மீன்கள், நியூட்ரான் விண்மீன்கள், கருந்துளைகள் ஆகும். ஒரு பொருளின் சிறு துகள் நியூட்ரான் விண்மீன் மீது விழும்போது அந்தத் துகள் சாதாரண ஒளியின் வேகத்தில் மூன்றிலொரு பங்கைப் பெறுகின்றது. அதாவது அந்தத் துகளின் பொருண்மை ஆற்றலில் பத்தில் ஒரு பங்கு அப்பொருள் விழும் நிலையில் இயங்காற்றலாக மாறி, இறுதியில் அந்தத் துகள் விண்மீனின் பரப்பின்மீது படும்போது, கடும் வெப்பமாக மாறி அழிந்து விடுகின்றது. ஓராண்டில் நியூட்ரான் விண்மீன் மீது விழும், கோடியில் ஒரு பங்குத் துகள் அந்த எக்ஸ் கதிர் விண்மீனை எக்ஸ் கதிர் வெப்பத்திற்குச் சூடேற்றி விடுகிறது. அப்போது இந்த நியூட்ரான் விண்மீன் எக்ஸ் கதிர் விண்மீனாகிறது.

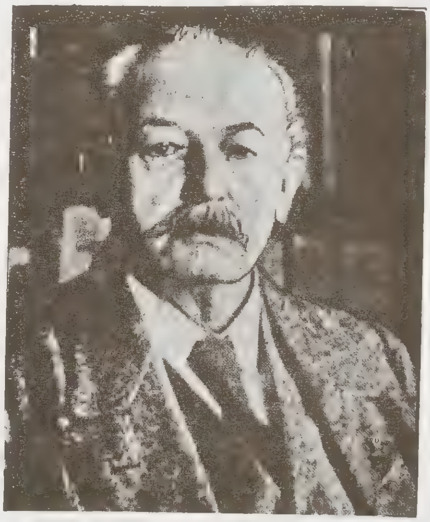
கருந்துளைக்கு அருகேயுள்ள வளிமம் சற்றுத் தொலைவேயுள்ள வளிமத்தைவிட விரைவாகக் கருந்துளையை வட்டமாகச் சுற்றுகிறது. உட்புறமும் வெளிப்புறமும் சேர்ந்து உள்ள வளிமம் அனைத்தும் ஒரு தகடுபோல் அமையும். இந்த வளிமத் தகடு தன் மையத்திற்கு அப்பால் மெதுவாகச் சுற்றுகிறது. இந்த வளிமத் தகட்டின் பகுதிகளுக்கிடையேயுள்ள உராய்வு வெளிப்புற வளிமத்தை விரைவுபடுத்தவும் உட்புற வளிமத்தை நிலைப்படுத்தவும் முயல்கிறது. அதனால் வளிமம் உட்புறமாக மையத்தில் இருக்கும் கருந்துளையை நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது.

வளிமத் தகட்டில் ஏற்படும் உராய்வு வெளிப்புறப் பகுதிகளுக்குச் சாய்வான இயக்க உந்து விசையைக் கொடுக்கிறது. அதனால் வளிமத் தகட்டிலுள்ள பொருள், மையத்தை நோக்கிச் சுருள் வடிவத்தில் மெதுவாகப் படிப்படியாக இறங்கிக்கொண்டே செல்கிறது. உராய்வினால் ஏற்படும் வெப்பம் உள்நோக்கி விழும் பொருளின் ஈர்ப்புச் சக்தியினின்று உற்பத்தியாகி வெளியே வீசப்படுகிறது. உட்புறமாகவுள்ள வளிமம் கருந்துளைக்கு அருகில் இருப்பதால்துளையில் விழும் ஒவ்வொரு கிலோகிராம் வளிமமும் மிகுதியான ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகிறது. இதனால் பல கோடிக் கூறு வெப்பம் வெளியாக, வளிமத் தகட்டிற்கு அடர்த்தி மிகு மின்னொளிர்வு உண்டாகிறது. இத்தகடு எக்ஸ் கதிர் விண்மீனாக மாறுகிறது.

- ஏ. எஸ். குமாரசாமி

எங்ளர், அடால்ஃப்

இவர் புகழ்பெற்ற தாவரவியல் அறிஞர். ஹீய்ன்ரிச் கஸ்டாவ் அடால்ஃப் எங்ளர் ஜெர்மானிய நாட்டில்



உள்ள சாகன் என்னும் இடத்தில் 1844 இல் பிறந்தார்.

1866 ஆம் ஆண்டில் பிரஸ்லாவ் பல்கலைக் கழகத்தில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். பின்னர் கீல், பிரஸ்லாவ் பல்கலைக் கழகங்களில் விரிவுரையாளராக இருந்தார். 1889-1921 ஆம் ஆண்டு வரை பெர்லினில் உள்ள தாவரவியல் பூங்காவின் இயக்குநராகவும், பேராசிரியராகவும் பணியாற்றினார். அப்போது இவருக்கு உலகின் பல பகுதிகளிலும் உள்ள உயிருள்ள தாவரங்களையும் முன்னர் வாழ்ந்து மடிந்த தொல்லுயிர்ப்படிவத் தாவரங்களையும் நுணுகி ஆராயும் வாய்ப்புக் கிடைத்தது, இந்தக் கால இடைவெளியின்போது தாவரப்புவியியல் தொடர்பான பல கட்டுரைகளையும் எழுதினார். இவர்தம் நுண்ணிய தொடர்ந்த ஆராய்ச்சித்திறமை காரணமாக உலகில் உள்ள பலவகையான தாவரங்களையும் இனம் கண்டு பிடிக்கத் தகுந்ததொரு விரிவான இயற்கை வகைப் பாட்டுத் தொகுப்பை உருவாக்கினார்.

இவர் உறவுமுறைகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட பயன்பாடு, செயல்திறம் ஆகியவற்றை விளக்கும் படிமலர்ச்சிக் கருத்துக்களுக்கு இணைந்த ஓர் இயற்கை வகைப்பாட்டுத் தொகுப்பை உருவாக்க முயன்றார். அங்ககப் படிமலர்ச்சிக் கொள்கைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு தம் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பை உருவாக்கினார். தாவரங்களுள் தாழ்நிலையான படிமலர்ச்சி உயர் நிலையான படிமலர்ச்சிப் பண்புகள் இருப்பதைக் கண்டார். மலர் அமைப்பு, கனி விதை வளர்முறை திசு வேறுபாடு ஆகியவற்றில் காணப்பட்ட முன்னேற்றமான போக்குகளுக்கேற்ற வாறு தாவரங்களின் குடும்பங்களையும் (families) துறைகளையும் (order) அமைத்தார். எனவே, எளிய அமைப்புடையவை மேலோட்டமாக இருந்தாலும், அவற்றைத் தாழ் மட்டத்திலும், மிகுசிக்கலான அமைப்புடையவற்றை மேல்மட்டத்திலும் அமைத்தார்.

தற்காலத்தில் வாழும் பூக்கும் தாவரங்கள் முன்பு வாழ்ந்து மடிந்த விதைமூடாத் தாவரங்களில் இருந்து பல்பாதை மரபுவழியாகத் (polyphyletic) தோன்றியன என்றும், அவற்றிலிருந்து பல இணைப் படிமலர்ச்சிப் பாதைகளில் (parallel lines of evolution) இன்று காணப்படும் பல பூக்கும் தாவரங்கள் உண்டாயின என்றும் கருதினார்.

பூக்கும் தாவரங்களில் அல்லியிலாத் தன்மையிலிருந்து (apetaly) இணையா அல்லித்தன்மையும் (polypetaly) அதிலிருந்து இணைந்த அல்லித் தன்மையும் (gamopetaly), இணையாச் சூலக இலைத் தன்மையிலிருந்து (apocarpy) இணைச்சூலக இலைத் தன்மையும் (syncarpy) சூலகக் கீழ்ப்பூவிலிருந்து (hypogyny) சூலக மேல் பூத்தன்மையும் (epigamy) ஆரச்சமச்சீரிலிருந்து (actinomorphy) இருப்பக்கசமச்சீரும் (zygomorphy) உண்டாயின என்ற முன்னேற்றமான படிமலர்ச்சிப் போக்குகள் பூக்கும் தாவரங்களில் இருந்தன எனக் கருதினார். இக்காரணங்களால் இவரின் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பை முதன் முதலில் உண்டான மரபுவழி வகைப்பாடு (phylogenetic system) எனக் கருதலாம்.

இவரின் டீ நேச்சரலிஷேன் பிளான்ஸென் ஃபேமிலின் (Die natirli chen plangen familien 1887-1899) என்ற வகைப்பாட்டுத் தொகுப்பு எய்க்ளர் என்பவர் உருவாக்கிய வகைப்பாட்டுத் தொகுப்பின் அடிப்படையான தத்துவங்களிலும், கருத்துகளிலும் ஒத்திருந்தது. ஆனால் நுட்பமான விவரங்களைத் தருவதிலும் பெரும் தொகுதிகளின் பெயரிடுமுறையிலும் இவரின் வகைப்பாடு எய்க்ளரின் வகைப்பாட்டினின்றும் முற்றிலும் மாறுபட்டிருந்தது. இம்மாறுபாட்டிற்குப் பிரான் பிராங்கினியார்ட், சாக்ஸ் முதலிய அறிஞர்களின் கருத்துகளே காரணமாகும்.

எங்ளரின் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பை உருவாக்கக் கால் ஆண்ட்டன் பிரான்ட்ல் என்ற அறிஞர் துணையாக இருந்தார். எனவே இவர்களின் வகைப்பாடு எங்ளர்-பிரான்ட்ல் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பு என்றே வழங்கப்படுகிறது. இவர்கள் விதைத்தாவரங்களை (spermatophytes) எம்பிரையோஃபைட்டா ஸைஃபனோகமா என்று குறிப்பிட்டனர். இவற்றை விதை மூடாத்தாவரங்கள் என்றும் பூக்கும் தாவரங்கள் என்றும் இரு துணைப் பகுப்புகளாகப் பிரித்தனர். பூக்கும் தாவரங்களை ஒருவித்திலையுடையவை இருவித்திலையுடையவை என்று இரு வகுப்புகளாகப் பிரித்தனர். இருவித்திலையுடைய அல்லி இல்லாத அல்லி இணையாதவற்றைக் கொண்ட ஆர்க்கிளேமிடே என்றும், அல்லி இணைந்தவற்றை உள்ளடக்கிய மெடாக்கிளேமிடே என்றும் பிரித்தனர். ஆர்க்கிளேமிடே 32 துறைகளையும் பல துணைத் துறைகளையும் கொண்டது. மெடாக்கிளேமிடே 11 துறைகளைக் கொண்டது. ஒவ்வொரு துறையிலும் ஒன்று அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட குடும்பங்கள் அடங்கியுள்ளன.

எங்ளர்-பிரான்ட்ல் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பில் கூறப்பட்ட கருத்துகள் அனைத்தையும் தற்கால அறிஞர்கள் ஏற்றுக்கொள்ளவில்லை. அவர்களின் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பில் கூறப்பட்ட கருத்துகள் சிலவற்றிற்குப் பின்வரும் மறுப்புகள் கூறப்படுகின்றன.

ஈருறையுடைய பூக்கள் ஓர் உறையுடைய பூக்களிலிருந்து தோன்றின்; அச்சுச்சூல் அமைவிலிருந்து சுவர்ச்சூல் அமைவும் இதிலிருந்து தனிமையச்சூல் அமைவும் உண்டாயின; பெரும்பாலான ஒருபால் பூக்கள் படிமலர்ச்சியில் கீழ் நிலையானவை;

ஒரு வித்திலைத்தாவரங்கள், இரு வித்திலைத் தாவரங்களைவிடப் படிமலர்ச்சியில் கீழ் நிலையானவை; ஆர்க்கிடுகளைவிடப் புற்கள் படிமலர்ச்சியில் மேல்நிலையானவை.

மேற்கூறிய ஒருசில கருத்து வேறுபாடுகள் இருந்த போதும் எங்ளர் பிராட்ல் வகைப்பாடு மிகச் சிறந்த மரபுவழி வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பு என்று ஐரோப்பா, அமெரிக்கா நாடுகளில் உள்ள மிகப் பெரும்பான்மையான அறிஞர்களால் பாராட்டப் பெற்று ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. இதற்குக் காரணம் எங்ளரின் பரவலான நுண்ணிய ஆராய்ச்சித் திறனாகும். இவ்வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பு, பாசிகள்(algae) முதற்கொண்டு பூக்கும் தாவரங்கள் வரை அனைத்து வகைத் தாவரங்களுக்கும் படங்களுடன் கூடிய விளக்கங்கள், அவற்றைக் கண்டுபிடிக்கும் வழிகள் ஆகியவற்றுடன் அமைந்திருந்தது. ஒவ்வொரு குடும்பத்திலும் உள்ள பேரினங்களுக்குக் (genera) கருவியல் (embryology) அமைப்பியல் (morphology) உள்ளமைப்பியல் (anatomy) புவியியல் பரவல் (geographic distribution) முதலிய விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருந்தன. 23 பிரிவுகளடங்கிய இவ் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பில் காணப்பட்ட படிமலர்ச்சி மேல்நிலை, கீழ்நிலையானவற்றிற்குக் கூறப்பட்ட அடிப்படைக் கருத்துகளை இவருக்குப்பின் வந்த அறிஞர்கள் ஏற்றுக் கொண்டனர். எங்ளர் எழுதிய புவியில் தாவரத்தொகுப்பு (vegetation of earth) என்ற தொடர் கட்டுரை 1896-1923 வரை தொடர்ந்து அனைத்துத் தாவரவியலராலும் விரும்பிப் படிக்கப்பட்டது. மேலும் 1880 இல் வெளிவந்த தாவரவியல் ஆண்டு நூலின் தொகுப்பு ஆசிரியராக இருந்ததுமல்லாமல் அவருடைய வாழ்நாள் முழுதும் அந்த பணியைச் சிறப்பாகச் செய்து வந்தார். இவரின் வகைப்பாட்டியல் தொகுப்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டு எஞ்ஜல்மேன், கில்ஸ் ஆகிய அறிஞர்கள் சிற்சில மாறுதல்களுடன் பல நூல்களை வெளியிட்டனர்.

- கே.ஆர். பாலசந்திரகணேசன்

எச்ச உறுப்பு

பெரும்பாலான விலங்கினங்களின் உறுப்புகளில் ஒரு சில இன்று பயனற்ற நிலையில் உள்ளன. படிமலர்ச்சி வரலாற்றின் முற்பகுதியில் இவ்வுறுப்புகள் அந்த விலங்கினங்களுக்குப் பயனுடையனவாக இருந்தன. இன்னும் இவ்வுறுப்புகள் அந்த இனத்தைச் சேர்ந்த வேறு இனங்களில் செயல்திறமுடையனவாகவும் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றனவாகவும் உள்ளன. படிமலர்ச்சி வரலாற்றின்போது அந்த விலங்கினங்களுக்கு ஏற்பட்ட மாறுபட்ட வாழ்க்கைச் சூழ்நிலையாலும், அந்த விலங்கினங்கள் அந்தச் சூழலுக்கு ஏற்ற வேறு தகவமைப்புகளைப் பெற்று அவற்றைத் தக்க வைத்துக் கொண்டமையாலும் அவ்வுறுப்புகள் தம் செயலிழந்து கால ஓட்டத்தில் உருக்குலைந்து குறுகி, பயனற்றவையாக எஞ்சி நிற்கின்றன. இந்த உறுப்புகளுக்கே எச்ச உறுப்புகள் (vestigeal organs) என்று பெயர். ஏறத்தாழ 200 உறுப்புகள் இவ்வாறு தோன்றி மறைந்தும், மறையாமலும் உள்ளன.

நூற்றுக்கும் மேற்பட்ட எச்ச உறுப்புகள் மனித உடலில் இருக்கின்றன. குடல் வால், காதுத் தசைகள், மூன்றாம் கண் இமை ஆகியன அவற்றுள் குறிப்பிடத்தக்கவை. தற்கால மனிதனின் குடல் வால் குறுகிச் செயலற்ற எச்ச உறுப்பாக உள்ளது. மேலும் சில வேளைகளில் அதனால் மனிதனுக்கு இடையூறும், உடல்நலக் குறையும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு, முற்கால மனிதன் தாவர உணவை உண்டு வாழ்ந்தான். இந்தத் தாவர உணவில் உள்ள செல்லுலோஸ் எனப்படும் பொருளைச் செரிக்க வைக்கக் கூடிய நொதி மனிதனின் உடலில் சுரப்பதில்லை. எனவே, இவ்வுணவு குடல் வாலுக்குக் கொண்டு செல்லப்பட்டு அங்குள்ள பாக்டீரியாக்களினால் சுரக்கப்படும் செல்லுலோஸ் எனப்படும் நொதியால் செரிக்கப்பட்டது. ஆனால் நாகரிக வளர்ச்சியில் தீ மூட்டக் கற்றுக் கொண்டதன் பயனாக, மனிதன் காலப்போக்கில் வேக வைத்த ஊன் உணவையும், தாவர உணவையும் உட்கொள்ளத் தொடங்கினான். இவ்வாறு தாவர உணவைச் சமைக்கும்போது செல்லுலோஸ் தானாகவே சிதைந்து விடுகிறது. எனவே, செல்லுலோஸ் செரிப்பதற்காக இருந்த அந்த உறுப்பு வேலையிழந்து கால ஓட்டத்தில் சிறுத்து இன்று ஒரு பயனற்ற எச்ச உறுப்பாக இருக்கிறது. ஆனால் பாலூட்டி வகையைச் சேர்ந்த தாவர உணவை மட்டும் உண்டு வாழும் முயல் போன்ற விலங்கினங்களில் இன்னும் இந்தக் குடல்வால் பெரிதாகவும், வேலை செய்யும் திறனுடனும் உள்ளது. இத்துணை எச்ச உறுப்புகள் மனிதனின் படிமலர்ச்சி வளர்ச்சியை எடுத்துக்காட்டும் சான்றுகளாக அமைகின்றன.

இவ்வாறே மனிதனின் இடுப்புக்குக் கீழுள்ள முதுகெலும்பின் கீழ்நுனி (coccyx) குறைவுற்ற வால் பகுதியாகும். மனிதன், வால் உள்ள ஒரு பரம்பரையிலிருந்து தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்பதற்கு இது சான்றாக அமைகிறது. மனித்னின் முன்னோர்கள் மரங்களில் வாழ்ந்திருக்க வேண்டும். மரங்களில் வாழும் விலங்கினங்களுக்கு வால்தான் உடலைச் சமநிலைப்படுத்தும் உறுப்பாக உள்ளது. மரக் கிளைகளில் தாவிச் செல்லும் போது தவறிக் கீழே விழுந்து விடாமல் இருக்க உடலின் எடையைச் சமப்படுத்த உதவும் உறுப்பு வால்தான். ஆனால் படிமலர்ச்சியில் மனித இனத்தின் முன்னோடிகள் மரங்களில்

வாழ்வதை விடுத்து, பூமியின் மேல் வாழக் கற்றுக் கொண்டதன் விளைவாக நான்கு கால்களால் மரங்களில் வாழ்ந்தவை, உடலை நேரே நிமிர்த்தி இரண்டு கால்களால் பூமியில் நடக்க முயன்ற பின், வால் வேலையிழந்து இன்று குறுகி மனிதனில் ஓர் எச்ச உறுப்பாக உள்ளது. உல்பியன் நாளங்கள் பெண்ணிலும், முல்லேரியன் நாளங்கள் பால்சுரப்பிகள் ஆகியவை ஆணிலும் வளராமலும் பயனற்றும் விளங்குகின்றன.

மனிதக் காதுத் தசைகள் எச்ச உறுப்புகளுக்கு மேலும் ஒரு சிறந்தஎடுத்துக்காட்டாகும், பாலூட்டி வகையைச் சேர்ந்த பசு, நாய் போன்ற விலங்கினங்களில் இத்தசைகள் வெளிக்காதை ஒலிவரும் திசை நோக்கித் திருப்பி, ஒலி அலைகளை உட்காதுக்கு அனுப்பி வைக்க உதவியாக இருக்கின்றன. ஆனால் மனிதனிடம் கேட்கும் திறன் உட்காதில் மிக்கிருந்ததாலும் தலையை எத்திசையிலும் திருப்பும் தன்மை எய்தியதாலும், வெளிக் காதைத் திசைக்கேற்றவாறு திருப்ப உதவியாக இருந்து வந்த இத்தசைகள் வேலை இழந்துவிட்ட எச்ச உறுப்புகளாகி விட்டன.

இவ்வாறே கண்களைப் பாதுகாக்க உதவும் மூன்று கண் இமைகள் இன்றும் மீன்கள், இருவாழ்விகள் போன்றவற்றில் உள்ளன. ஆனால் மனிதர்களுக்கு இரண்டே கண் இமைகள்தாம் உள்ளன. மூன்றாம் கண் இமை வேலையிழந்து கண்ணின் உள்முனையில் ஒரு சிறு சதை போல் இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.

பொதுவாக ஊர்வன விலங்குகள் நான்கு கால்களை உடையவை. ஆனால் இவ்வகுப்பிலுள்ள பாம்பு இனத்தில் கால்களே இல்லை. பாம்புகள் விலா எலும்புகளின் உதவியால் வெகு விரைவாக ஊர்ந்து செல்லும் தன்மையுடையன. இவை பொந்துகளிலும், பாறை, சுவர் போன்றவற்றில் காணப்படும் பிளவுகளிலும் புகுந்து செல்லும் திறன் உடையவை. இவ்வாறு அவை செல்லும்போது கால்கள் இருந்திருந்தால் அவை பாம்புகளுக்கு இடையூறாகவே இருக்கும். எனவே, படிமலர்ச்சியில் பாம்புகள் தங்களுக்கு இடையூறாக இருந்த கால்களைச் சிறிது சிறிதாக இழந்துவிட்டன. இதற்குச் சான்றாக மலைப் பாம்புகளில் இன்றும் மலப்புழையின் இருபுறமும் பின்னங்கால்களின் எஞ்சிய பகுதியில் இரண்டு வளைந்த முள் போன்ற எலும்புகள் இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.

நியூசிலாந்து நாட்டில் வாழும் கிவி என்ற பறவைக்கு இறக்கைகளே இல்லை. அந்த நாட்டில் பல நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்புவரை ஊன் உண்ணிகள் இல்லாத காரணத்தால், கிவியின் மூதாதைகள் பறக்கும் தன்மையை விடுத்துப் புவியின் மேல் பரப்பிலேயே வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்புகளை அமைத்துக் கொண்டதன் விளைவாக இறக்கைகள் சிறிது சிறிதாகச் சிறுத்து இறுதியில் மறைந்துவிட்டன. படிமலர்ச்சி வழியினாலின்றிப் பிற வழிகளால் இத்தகைய எஞ்சிய உறுப்புகள் இருக்க முடியா.

பிற எச்ச உறுப்புகள். துணைப்பல் பகுதியான பல் லாமினா, ஹாட்விக்கின் பெட்டகம், துணை பிட்யூட்டரி, ராத்கீஸ் பை, ஜாக்கப்ஸனின் வோமரோ-நாசி உறுப்புகள், நாசி பாலெட்டைன் நாளங்கள், கைவிட்சின் துணை பரோட்டிட் உறுப்பு, பிரான்கியல் அல்லது பக்கவாட்டுச் சரிவு கழுத்துப் பகுதி, தைமஸ், துணை தைமஸ், தைரோக்ளாஸஸ் நாளங்கள், வைட்டல்லோ குடல் நாளம் (vitello intestinal duct) மூன்றாம் வெண்டிரிக்களில் உள்ள துணை ஃபைசிஸ் ஆகியன பிற எச்ச உறுப்புகளாகும்.

-அள. மெய்யப்பன்

எச்சம் (கணிதம்)

எண்கணிதத்தில், ஓர் எண்ணின் இலக்கங்களின் கூட்டுத்தொகையிலிருந்து 9 அல்லது 9 இன் உச்ச மடங்கைக் கழித்தால் கிடைக்கும் மீதி எச்சம் (residue) எனப்படும். அதாவது ஓர் எண்ணை 9ஆல் வகுத்தால் கிடைக்கும் மீதி எச்சமாகும். எடுத்துக்காட்டாக 937, 58, 1124, 144 என்ற எண்களின் கூட்டுத் தொகைகள் முறையே $9+3+7=19$, $5+8=13$. $1+1+2+4=8$. $1+4+4=9$ ஆகும். 19,13,8,9: இவற்றிலிருந்து 9 அல்லது 9 இன் உச்சமதிப்பைக் கழித்தால் கிடைக்கும் எண்கள் 1,4,8,0 ஆகியவை 937, 58, 1124, 144 ஆகியவற்றின் எச்சங்கள் எனப்படும். எச்சத்தைக் கொண்டு, ஒரு சில கணிதச் செயல்பாடுகள் சரியாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளனவா என்றறிய முடியும்.

எடுத்துக்காட்டாக

$$1784 \times 425 = 758200$$

எண்களின் கூடுதல்	$1+7+8+4$.	$4+2+5$	$7+5+8+2$
	20	11	22
9ன் மடங்கு	18	9	18
எச்சம்	2	2	4

அதாவது $2 \times 2 = 4$

இருபக்கங்களிலும் எச்சங்கள் சமமாக இருப்பதால் பெருக்கலின் விடை சரியாக உள்ளது எனலாம். ஆனால் இம்முறையை ஓரளவுதான் பயன்படுத்திச் சரிபார்க்க முடியும். அடுத்து ஒரு சிக்கல் சார்பு fcz) இல் $Z=Z_0$ என்ற முனைவுப் புள்ளி இருப்பின், லாரன்ட்ஸ் தொடர்

$\Sigma a_n (Z-Z_0)^n$ ஐ விரிவுபடுத்தக் கிடைக்கும் கெழு a_{-1}, இச்சார்பின் எச்சம் எனப்படும். தனித்த புள்ளி Z_0 ஐச் சுற்றியுள்ள, ஒரு வளையத்தின் உட்புறமுள்ள அடைத்த வளைவொன்றில் உள்ள $\frac{1}{2\pi i c^{\circ}} \int f(z)\, dz$ இன் மதிப்பு சிக்கல் சார்பு $f(z)$ இன் எச்சமெனவும் வரையறுக்கப்படும் அல்லது Z_0 இல் லாரன்ட்ஸ் தொடர் fcz) இன், விரிவில் $(Z-Z_0)^{-1}$ என்ற உறுப்பின் கெழு எனவும் கூறலாம். ஆனால் லாரன்ட்ஸ் தொடர் விரிவுபடுத்துதல் அவ்வளவு எளியதன்று; ஆதலால் ஒரு சில குறிப்பிட்ட முறைகளைப் பயன்படுத்தி, தொடரை விரிவுபடுத்தி எச்சங்களைக் காணமுடியும்.

- பங்கஜம் கணேசன்.

எச்சம் (கால்நடை)

கோழி உண்ட உணவில் செரிக்காத பொருள்கள் சீக்கம் (caecum), ரெக்ட்டம் (rectum) எனப்படும் மலக்குடல் தொடர் குழாய்கள் வழியாக எச்சமாக வெளியேற்றப்படுகின்றன. சீக்கம் என்னும் குழாய் உணவுப்பாதையின் இரு புறங்களிலும் இரட்டையில் அமைந்துள்ளது. இந்த அமைப்பு பறவை இனங்களில் சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது.

மலக்குடல் ஆசனவாய்த் துளையில் முடிவடைகின்றது. இந்தத் துளையில் சிறுநீர் இயக்கம் மற்றும் பிறப்பு உறுப்புகளின் வெளிதுளைகள் வந்து அடைகின்றன. மலக்குடலில் சிறுநீரிலிருந்து நீர் மீண்டும் உறிஞ்சப்பட்டு வெண்மையான திண்மப் பொருளான செரிக்காத பொருள்கள் எச்சமாக வெளியேற்றப்படுகின்றன. இதனால் பறவையினங்களில் ஆசனவாய்த் துளையின் வழியாக மலமும் சிறுநீரும் கலந்து எச்சமாக வெளியேறும்.

கோழியின் சிறுநீரிலுள்ள யூரிக் அமிலத்தால் தான் கோழியின் எச்சம் வெள்ளை நிறத்துடன் பசைகலந்தாற்போல் உள்ளது. உணவு, உட்கொண்ட பின் உணவுப் பையிலிருந்து வெளிப்பட்ட இரண்டு மணிநேரத்தில் செரிக்காத பொருள்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. 18 மணி நேரத்தில் உட்கொண்ட உணவு முழுதும் செரிக்கப்பட்டு மிகுதி எச்சமாக வெளியேற்றப்படுகிறது. மற்ற பறவைகளிலும் கோழிகளைப் போலவே இயக்கம் நடைபெற்று எச்சம் உண்டாகிறது. ஆனால் வாத்துகள், கோழிகளை விட மிகு செரிக்கும் திறன் பெற்றவை. கோழி வளர்ப்பதில் ஆழ்கூள முறையில் எச்சத்தை ஒரு சேரத் திரட்ட முடிகின்றது. இந்த எச்சம் கறுப்புத் தங்கம் எனப்படுகிறது.

எச்சம் ஆழ்கூள முறையில் உமி, மரத்தூள், கடலைத்தோல் இவற்றுடன் சேரும்பொழுது எருவாக மாறுகின்றது; இந்த எருவில் தழைச்சத்து 3%, சாம்பல் சத்து 2%, மணிச்சத்து 2%, உள்ளன. எச்சம் மட்கிய நிலையில் ரிபோஃபிளேவின், வைட்டமின் B_{12} போன்ற நுண்ணூட்டச் சத்துகளைத் தயார் செய்கிறது. எச்சத்தைக் கொண்டு நோயைக் கண்டறியலாம். வெள்ளை நிறத்திலிருந்து எச்சம் மாறுபட்டுப் பசுமை அல்லது பசுமையும் வெண்மையும் கலந்த நிறமாகவும் துர்நாற்றமாகவும் இருப்பதைக் கொண்டு கோழியின் கொள்ளைக் கழிச்சல் நோயை அறியலாம்.

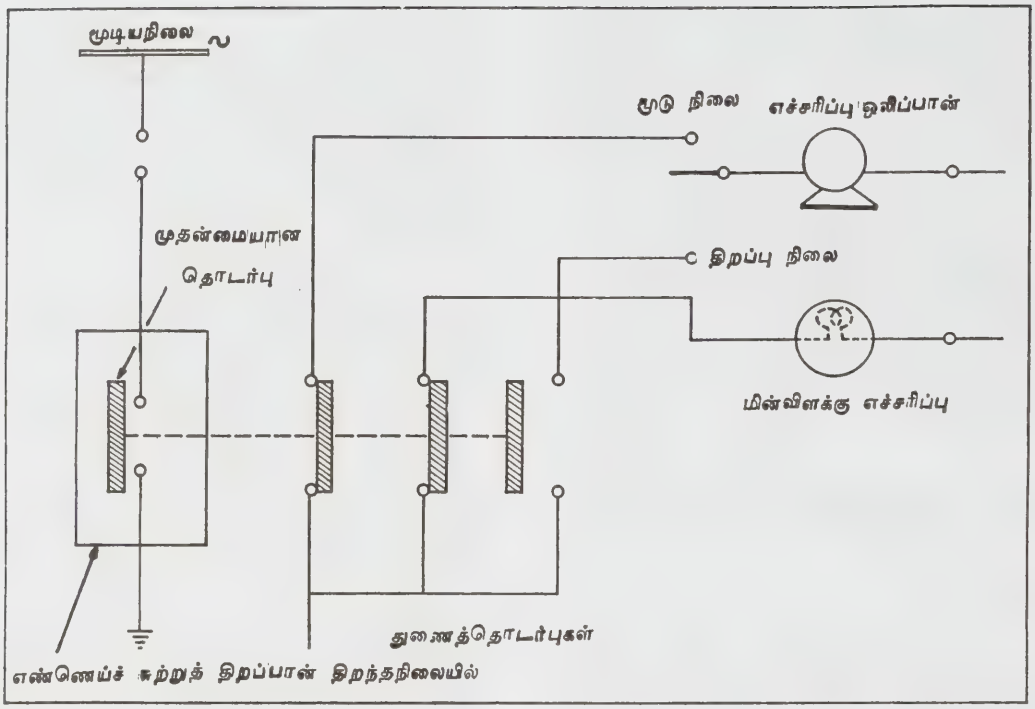
இதே போன்று இரத்தக்கழிச்சல் நோயையும் எச்சத்தின் நிறத்தைக் கொண்டு அறியலாம். இந்த நோயில் எச்சம் நீர் நிறைந்தும், இரத்தம் கலந்தும் காணப்படும்; உள் ஒட்டுண்ணிப் புழுக்கள் இருந்தால் இந்த எச்சம் மாறுதலைக் காட்டுகின்றது. நுரையோடு கூடிய கழிச்சல் இதன் அறிகுறியாகும்.

கரிம எருவை உற்பத்தி செய்யும் ஒரு தொழிலகமாக ஆழ்கூள முறை பயன்படுகிறது. எச்சம், ஆழ்குப்பைக் கிருமிகளால் சிதைக்கப்பட்டு ஈரப்பசை, துர்நாற்றம் குறைந்த நிலங்களுக்கு நேரடியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ரோஜா, மல்லிகை, ஆகியவை மலர்ந்து மணமூட்ட எச்சமே எருவாகப் பயன்படுகிறது. 40 — 50 கோழிகளின் எச்சம் ஆழ்கூள முறையில் கடலைத்தோல், உமி, மரத்தூள் இவற்றுடன் சேர்ந்து ஓராண்டு முடிவில் ஒரு எருவைத் தருகின்றது.

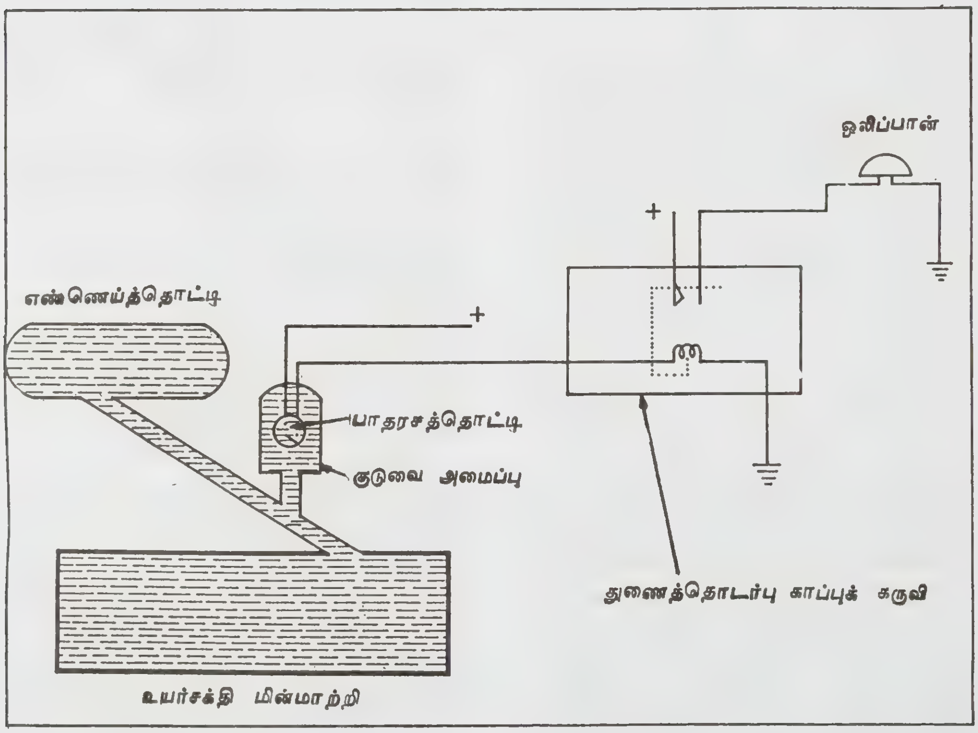
- எஸ். ராம்பிரசாத்

எச்சரிப்பு அமைப்பு

அடிக்கடி மாறுபட்ட நிலைக்கும், மாறுபட்ட இணைப்புகளுக்கும் உள்ளாகும் உயர் மின் அழுத்த துணைமின் நிலையங்களில் எச்சரிப்பு அமைப்புகள் (alarm systems) மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன. கட்டுப்பாட்டு அறையில் உள்ள எச்சரிப்பு அமைப்புகள், பணியில் இருக்கும் அலுவலர்க்கு மின் கருவிகள், மின்சுற்றுகள் இவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், தற்போதைய நிலை ஆகியவற்றைத் தெரிவிக்க உதவுகின்றன, எச்சரிப்பு அமைப்புகள் ஒளி, ஒலி வடிவங்களில் உள்ளன. தற்காலத்தில் தொடர் நிகழ்ச்சிகளைப் பதிவு செய்து, நிகழ்ச்சிக்கான காரணத்தையும், கேடு தரும் விளைவுகளைத் தடுப்பதற்கு மேற்கொள்ள வேண்டிய நடவடிக்கையையும் சுட்டிக்காட்ட மைக்ரோபுராசசர் (microprocesser) அடிப்படையாகக் கொண்ட எச்சரிப்பு அமைப்புகள் பெருமளவில் பயன்படுகின்றன.



படம் 1. மின்சுற்றுத்திறப்பான் திறக்கும் நிலை அல்லது மூடிய நிலை



மின்னழுத்த மாற்றியில் உள்நிலைக் குறைபாடு எச்சரிப்பு அமைப்பு

எச்சரிப்பு அமைப்பு என்பது முக்கியமாக அவ்வப்போது ஏற்படும் நிலை மாற்றத்தைப் பணியாளர் கவனித்து உடனடியாக மேல் நடவடிக்கை எடுக்க உதவும் அமைப்பாகும். எச்சரிப்பு அமைப்புகள் முக்கியமாக மின் கருவிகளின் இயக்கத்தைக் காட்டுவதற்கும் (எடுத்துக்காட்டாக மின்சுற்றுத் திறப்பானின் மூடிய அல்லது திறந்த நிலையினைக் குறிப்பது) மின் கருவிகளில் ஏற்படும் பழுதைத் தொடக்க நிலையிலேயே சுட்டிக்காட்டுவதற்கும் (எ.கா. உயர் அழுத்த மின்மாற்றிகள், மின் ஏற்பிக் கலன் தொடர்களில் (capacitor banks) ஏற்படும் பழுதுகள்) பயன்படுகின்றன. அத்தகைய எச்சரிப்புகள், மேற்காணும் மின்கருவிகளில் அல்லது மின்சுற்றுகளில் ஏற்படும் தன்னிலை மாற்றத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு இயங்குகின்றன. அத்தகைய இரு எச்சரிப்பு அமைப்புகள், கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

சுற்றுத் திறப்பான்களில் உள்ள துணைத் தொடர்பு அமைப்புகள் திறப்பானின் மூடிய அல்லது திறந்த நிலையைக் குறிக்கப் பயன்படுகின்றன. எச்சரிப்பு ஒலிப்பான் சுற்றுத்திறப்பான் மூடியுள்ள போதும், திறக்கும்போதும் ஒலிக்கும். உடனே, பணியாளர் ஒரு விசையை மாற்றிப் போடுவதால் ஒலிப்பான் நின்று போவதுடன் திறப்பான் அடுத்த நிலைக்கு மாறும்போது எச்சரிப்புக் கொடுக்க ஆயத்த நிலையிலும் வைக்கப்படுகின்றது. ஒளி எச்சரிப்பு, சுற்றுத்திறப்பான் திறந்த நிலையில் இருக்கும்போது மட்டும் ஒளிரும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

உயர் திறன் மின் மாற்றியின் உள்ளே சுற்றுகளுக்கு இடையே ஏற்படும் குறுக்கிணைப்பு (short circuit) குறைவுள்ள இடங்களில் உண்டாகும் உயர் வெப்பப் புள்ளிகள் (hot spots) ஆகியவை மின் மாற்றியில் வெப்பத்தைக் குறைக்கவும் அரிதில் கடத்தா நிலையைப் பேணவும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள எண்ணெயில் வேதி மாற்றத்தை ஏற்படுத்தி வளிமப் பொருள்களை உண்டாக்குகின்றன. அத்தகைய வளிமப் பொருள்கள் எண்ணெய்த்தொட்டியின் மேல்மட்டத்தை அடைய முயற்சிக்கும்போது பாதையில் இருககும் குடுவை அமைப்பில் படிகின்றன. குடுவை அமைப்பில் உள்ள எண்ணெய் வளிமங்களால் கீழே தள்ளப்படும் பொழுது, எண்ணெய் மூழ்கிய நிலையில் இருந்த பாதரசமின்தொடர் அமைப்புகள், நிலை மாற்றத்தால் செயல்பட்டு, இணை உணர்த்தியைச் (auxiliary relay) செயல்பட வைக்கின்றன. இணைக்காப்புக் கருவி செயல்படும்போது மின்மாற்றியில் ஏற்பட்ட குறையை ஒரு கொடி அமைப்பால் பார்வைக்குக் காட்டுவதோடு, செவியால் உணர, ஒலிப்பானையும் இயக்குகிறது. உடனே பணியாளர் கொடி அமைப்பை நேர்செய்து ஒலிப்பானை நிறுத்திவிட்டுக் குறைபாட்டைச் சரி செய்யும் முயற்சியில் ஈடுபட வழி செய்கிறது.

- நா. தியாகராஜன்

எச்சரிப்பு வண்ணம்

விலங்குகள் தாம் வாழும் சூழலுக்கேற்ப உடலில் தேவையான மாற்றங்களை ஏற்படுத்திக்கொண்டு, அச்சூழ்நிலைகளைத் தழுவி வெற்றிகரமாக வாழ்ந்து வருவது நிலைக்கேற்ற தழுவலாகும். பொதுவாக விலங்குகளில் காணப்படும் வண்ணங்களுக்குக் காரணம் வெண்ணிற ஒளிக்கற்றைகளில் ஏற்படும் சில வகையான இடர்ப்பாடுகளேயாகும். இவ்வகை வண்ண அமைப்பு வேதி, இயற்பியல் பண்பாலோ இவையிரண்டும் கலந்தோ ஏற்படுவதுண்டு. இயற்பியல் வண்ணங்கள் விலங்குகளின் மேற்புறப் பகுதியிலுள்ள செல்கள், ஒளிக்கதிர்களை உட்கவர்வதாலோ எதிர்ஒளிப்பதாலோ ஏற்படும். வேதி வண்ணங்களுக்கு மெலனின் கெரோட்டினாய்டு டெரின் (pterin) போன்ற நிறமிகள் காரணமாகின்றன. இவை ஒளிக்கதிர்களை உட்கவரும் தன்மையுடையவை. வேதி நிறங்களை உண்டாக்கும் இவ்வண்ணப் பொருள்கள் உடலின் மேற்புறத்தில் மட்டுமன்றி உள்ளேயும் அமைந்துள்ளன. சில சமயங்களில் வேதி வண்ணங்கள் உட்கொள்ளும், உணவையும், வெளியேறும் கழிவுப் பொருள்களையும் சார்ந்திருக்கும்.

எச்சரிப்பு வண்ணங்களைக் (warning colouration) கொண்டிருக்கும் விலங்குகள் தாங்கள் இருப்பதை அனைவருக்கும் வெளிப்படையாகக் காட்டுகின்றன. சிவப்பு, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, கறுப்பு, வெள்ளை போன்ற நிறங்கள் பச்சை, பழுப்புப் போன்ற பளிச்சிடும் நிறங்கள் ஆகியவற்றை எச்சரிப்பு நிறங்களாக விலங்குகள் பயன்படுத்துகின்றன.

சில நச்சுத் தன்மை கொண்ட, சுவையற்ற தீங்கை விளைவிக்கும் விலங்குகள் தங்களின் இருப்பிடத்தைப் பளிச்சிடும் வண்ணங்கள் மூலம் தெரிவித்து, விலங்குகள் தங்களைப் பிடித்து உணவாக உட்கொண்டால், அவ்விதம் உட்கொள்ளும் விலங்குகளுக்குத் தீங்கு நேரிடும் அல்லது அவை மடிய நேரிடும் என்று எச்சரிக்கின்றன. ஆகவே பார்த்தவுடன் மற்ற விலங்குகள் இவற்றை உண்ணாமல் ஒதுங்கிச் செல்கின்றன. இவ்வாறு சில விலங்குகள் தம் சுவையற்ற, நச்சுத் தன்மைகொண்ட பண்புகளைப் பளிச்சிடும் நிறங்களின் மூலம் தம் எதிரிகளுக்கு வெளிப்படையாகத் தெரிவிக்கின்றன. மரப்பட்டைகளிலும் மரக்கிளைகளிலும் வாழும் சில கம்பளிப்புழுக்கள் பச்சை, கறுப்பு, வெள்ளை

நிறங்களின் மூலம் தாங்கள் இருக்கும் இடத்தை அனைவரும் எளிதாகக் கண்டு கொள்ளும்படி வெளிப் படுத்துகின்றன.

இவ்வெச்சரிப்பு நிறங்கள் பொதுவாகப் பூச்சி இனங்களில்தான் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. எச்சரிக்கை நிறத்தைப் பற்றிய கோட்பாட்டை முதன் முதலாக வாலஸ் என்பார் வெளியிட்டார். எந்த அளவுக்கு எச்சரிக்கை நிறம் மிகுதியாகவும், பளப்பளப்பாகவும் உள்ளதோ அந்த அளவுக்கு அவ் வுயிரிகளில் சுவையற்ற தன்மையும் தீங்கும் உண்டு.

உலகில் பல்வேறு பகுதிகளிலும் வாழ்ந்து வரும் நச்சுச்சிலந்திகள் மிகவும் பளப்பளப்பான நிறம் கொண்டவை என்றும் மஞ்சள், நீலம் கறுப்பு, வெண்மை ஆகிய நிறம் கொண்ட தவளைகள் நச்சுப் பொருளைத் தம் தோலின் மூலம் சுரக்கின்றன என்றும் கொட்டும் குளவி, தேனீ, தும்பி, சுவை யற்ற வண்ணத்துப்பூச்சி ஆகியவை யாவும் பளிச் சிடும் நிறங்களைக் கொண்டுள்ளன என்றும் இவ் வாறே பறவை இனங்களில் சாட் (chat) டிட் (tit), மீன் கொத்தி ஆகியவை கறுப்பு, வெள்ளை நிறம் கொண்டு சுவையற்ற தன்மையை உடையன என்றும் பிரிஸ்டோவ் என்ற அறிவியலார் கருத்துத் தெரிவித் துள்ளார்.

எச்சரிப்பு நிறம் கொண்ட விலங்குகள் அவற் றின் எதிரிகளிடமிருந்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன. சிலவகை விலங்குகளுக்கு இந்நிறப் பாதுகாப்பு இல்லை. மேலும் இவை தீங்கற்ற விலங்குகளாக இருப்பதால் கொன்று தின்னும் விலங்குகளுக்கு எளிதில் இரையாகி விடும். ஆகவே பாதுகாப்பற்ற இவ்விலங்குகள் எச்சரிப்பு நிறங்கொண்ட விலங்கு களிடத்தில் நிலையாக அடைக்கலம் அடைந்துள்ளன. சங்கு நண்டு என்ற நண்டு நச்சுத்தன்மை கொண்ட அழகிய நிறமான கடற்பஞ்சு கொட்டும் தன்மை கொண்ட கடற்சாமந்தி அல்லது ஒட்டிக் கொண்டி ருக்கும் நத்தை ஓட்டினுள் அடைக்கலம் புகுந்து பாதுகாப்பைத் தேடிக் கொள்ளுகிறது. சில பறவை கள் தங்கள் கூடுகளை, அதிகமாகக் கொட்டும் எறும்பு கள், தேனீக்கள், குளவிகள் கட்டியிருக்கும் கூடு களோடு ஒன்றாக அமைத்துக் கட்டுகின்றன.

எச்சரிப்பு நிறத்தைக் காட்டி எதிரிகளை விரட்டி ஓடச் செய்யும் விலங்குகளைப் போன்றே கவர்ச்சி நிறங்காட்டி பிற விலங்குகளைக் கவர்ந்திழுத்துக் கொன்று தின்னும் விலங்குகளும் உண்டு. கறுப்பும் வெள்ளையும் கலந்த ஆர்னித்தோ ஸ்கட்டாய்டஸ் என்ற சிலந்தி, மரஞ்செடி கொடிகளில் அமர்ந்திருக்கும் போது ஒரு பறவையின் எச்சத்தைப் போலவே காணப்படும். பறவையின் எச்சம் என எண்ணிச் சிற் சில பூச்சிகள் இதன் அருகே வரும்போது இச்சிலந்தி அவற்றைப் பிடித்து உண்ணும். தொழுவன் பூச்சி செடிகளில் அமர்ந்திருக்கும்போது ஓர் அழகிய வண்ண மலர்போல் காணப்படும். இதேபோல் தூண்டில் மீனுக்கு வாயருகே நீளமான ஒரு தொடு உணர்ச்சிக் கருவி உண்டு. இது பசுமையான நீர்வாழ் தாவரத் தண்டைப்போல் தோற்றமளிக்கும். இதை அறியாது வரும் நீர்வாழ் விலங்குகளை இது பிடித்து உண்ணும்.

சில வண்ணத்துப்பூச்சிகளின் இறக்கைகளின் ஓரங்களில் கண்களைப் போன்ற வண்ண அமைப்பும் இருக்கும். எதிரிகள் இவை மிக முக்கியமான சுவை மிகுந்த பகுதி என நினைத்துத் தாக்கத் தொடங்கும். ஆனால் இமைப்பொழுதில் இம்மிகச்சிறிய பகுதியை மட்டும் எதிரிகளுக்குக் கொடுத்து விட்டுத் தப்பித்துக் கொள்ளும். தெக்லாஃபாட்டிரோஸ் எனும் வண்ணத்துப்பூச்சி தன் தலையைப்போன்றே சற்றுப் பெரிதான கவர்ச்சியான நிறத்தோடும் தொடு உணர்ச்சி இழைகளோடும் ஒரு போலித் தலையை உருவாக்கி வைத்துள்ளது. எதிரிகள் இப்போலியான தலைப்பகுதியை உண்மையான தலைப்பகுதி என்று நினைத்துத் தாக்கும். ஆனால் வண்ணத் துப்பூச்சிக்கு எவ்வித அழிவும் ஏற்படுவதில்லை. சில வகையான வண்ணத்துப்பூச்சிகள், தத்துக் கிளிகள், சுவர்க்கோழிகள், பறக்கும் பல்லிகள் ஆகியவை சாதாரண நிலையில் அமர்ந்திருக்கும்போது இவற் றின் மேற்பரப்பு மங்கிய நிறமுடையதாக இருக்கும். எதிரிகள் இவற்றினருகே வந்து தாக்க முயலும் சமயத்தில் திடீரென அவை தம் இறக்கைகளை உயர்த்திப் பறக்கத் தொடங்கும். இவ்வாறு திடீரென இறக்கைகளை மேலுயர்த்தும்போது, இறக்கையின் அடிப்பகுதி பளிச்சிடும் வண்ணத்தையோ பயங்கரத் தோற்றத்தைக் கொடுக்கும் வண்ண அமைப்பையோ வெளிப்படுத்துவதால் எதிரிகள் அதிர்ச்சியடைந்து சென்று விடும்.

ஸ்ஃபின்ஜிட் எனும் கம்பளிப்புழு தன்னை எரிதி கள் தாக்க வரும்போது திடீரென முன்பகுதியின் அடிபகுதியை உயர்த்திக் காண்பிக்கும். அதில் இரண்டு மிகப் பெரிய கண்களைப்போன்ற தோற்ற முடைய கவர்ச்சியான நிறங்கள் காணப்படும். இது பாம்பு படமெடுப்பதைப் போன்ற தோற்றமுடைய தாக இருப்பதால் எதிரிகள் இதைக் கண்டு அதிர்ச்சி அடைந்து ஓடிவிடும்.

எச்சரிப்பு நிறத்தை ஓரினப் பூச்சி மட்டுமல்லாது, இரண்டு மூன்று இனங்கள் சேர்ந்தும் வெளிப்படுத்துவ துண்டு. இவற்றைக் கூட்டு எச்சரிக்கை வண்ணம் என்பர். இவ்வாறு இரண்டு மூன்று இனங்கள் சேர்ந்து ஒரே விதமான எச்சரிப்பு நிறத்தை வெளிப்படுத்துவ தால் அவ்வினங்கள் எதிரிகளால் மிகுதியான எண்ணிக்கையில் தாக்கப்படாமல் பாதுகாக்கப்படு கின்றன.

லைசிட் என்னும் வண்டுகள், ஆரஞ்சும் கறுப்பும் கலந்த நிறமுடையவை. இதேவண்ண அமைப்புத்தான்

சில குளவி இனங்களிலும், சில வண்ணத்துப் பூச்சி இனங்களிலும் உள்ளது. ஆக இம்மூன்று இனங் களும் ஒரே இடத்தில் வாழ்ந்து கொண்டு கூட்டு எச்சரிப்பு வண்ணத்தை எதிரிகளுக்குப் புலப்படுத்து கின்றன. ஆகவே அவ்வினங்கள் யாவுமே எதிரிகளிட மிடருந்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இவ்வகையான ஒரு கூட்டுப் பாதுகாப்பை முதன் முதலாக ஃபிரிட்ஸ் முல்லர் என்பார் ஆராய்ந்து அறிவித்ததால் இது முல்லேரி போலி நடிப்பு எனப்படுகிறது.

சிலவகையான விலங்குகள் தீங்கற்ற, எதிரிகள் எளிதில் உணவாக உட்கொள்ளக்கூடிய தன்மைகள் கொண்டிருந்தாலும் எச்சரிப்பு வண்ணம் செய்து எதிரிகளிடம் இருந்து தப்பி வாழ்கின்றன. கொடிய நச்சுத்தன்மை கொண்ட கட்டு விரியன் பாம்பில் எந்த அளவுக்கு நிறமும், அமைப்பும் உள்ளனவோ அதே அளவுக்கு நச்சுத் தன்மையற்ற லைகோடான் என்ற பாம்பிலும் உண்டு. பல விலங்குகள் இவ் விரண்டு இனங்களும் ஒன்றுதான் எனக் கருதி விலகி விடும். இவ்வகை நடிப்பை பேட்சி போலி நடிப்பு என்பர். விலங்குகளுக்கு இருக்கும் இந்நிறவமைப்பு படிப்படியான மாறுதல்களாலோ திடீர் மாற்றத் தாலோ தோன்றியிருக்கலாம். ஒரே நிறமுடைய பூச்சிகளை எதிரிகள் தாக்கத் தொடங்கினால் ஏதேனும் ஒரு பூச்சியாவது எதிரிகள் தாக்காமல் இருக்கக்கூடிய ஒரு நிறத்தைத் திடீரென ஏற்படுத்திக் கொள்ள வாய்ப்புண்டு. அதற்கு ஏதேனும் ஒரு ஜீன் காரணமாக அமையும். அப்புதிய நிறத்தோடு உருவாகும் பூச்சிகள் நன்றாகப் பல்கிப் பெருகலாம். எனவே வண்ண நிறம் ஒரு புதிய இனத்தை உரு வாக்கும் முதற்படியாக அமைய வாய்ப்புண்டு.

- ஞா. எட்வின் சந்திரசேகரன்

எச்சில், கால்நடை

உமிழ் நீர்ச்சுரப்புகள் உணவு வகைகளின் செரிமானத் திற்கு உறுதுணையாக இருக்கின்றன. இவை முகத்தின் பக்கங்களில் அமைந்துள்ளன. சுரப்பிகள் மூன்று இணைகளாக எண்ணிக்கையில் ஆறாக அமைந்துள்ளன. பெருஞ்சுரப்பி, கீழ்த்தாடைச் சுரப்பி நாவின் கீழ்ச்சுரப்பி என்று அவை பெயரிடப் பட்டுள்ளன. விலங்குகளின் வாயில் ஒவ்வொரு சுரப்பியிலும் நேரடியாகச் செல்ல நாளங்கள் உள்ளன. பெருஞ்சுரப்பி நாளங்கள் செவியின் அடிப் பகுதி வரை நீண்டு, கீழ்த்தாடை வரை கிடை கோடாகச் சென்று, முன்பக்கமாகவும், கீழ்ப்பக்க மாகவும் சென்று தசை நார்களாலும் தோலினாலும் மூடப்பட்டுள்ளன. நாவின் கீழ்ச்சுரப்பி முன்புறம் பின்புறம் எனப் பிரிந்து, இரண்டும் ஒருங்கிணைந்து பெருஞ்சுரப்பியில் நாவின் பந்தகத்தின் (ligament) கீழ்ப்புறத்திலும், பக்கத்திலும் சென்றடைகின்றது. நாவின் கீழ்ச்சுரப்பி ஏனைய சுரப்பிகளைவிட மிகப் பெரியது. இச்சுரப்பிகள் தமக்குரிய இரத்த ஓட்டத்தை முகத்திற்கு வரும் தமனி வழியாகவும் உணர்வு நரம்பு மண்டலத்தின் துணை உணர்ச்சி (sympathetic) மற்றும் கூட்டு உணர்ச்சி (parasympathetic) வழியாகவும் பெறுகின்றன.

உமிழ் நீர்ச்சுரப்பிகள் சில பகுதிகளில் கொழுப்புக் கலந்த நீர் போலவும், கோழைத்தன்மை கொண்ட நீர் போலவும் சுரக்க,. இரண்டும் சேர்ந்த கலவையே நிணநீராக வருகிறது. கால்நடையின் சுரப்பியில் சுரக்கும் நிணநீர், கொழுப்புப் போன்ற நீர்மம் மாவுப் பொருள்களைக் கரைக்கக்கூடிய தன்மை உடையதாக உள்ளது. நாவின் கீழ்ச்சுரப்பிகளில் கோழை போன்ற நிணநீரை எலிவகையும், கொழுப்பும் கோழையும் கலந்த நிண நீரை ஏனைய விலங்குகளும் சுரக்கின்றன. கலப்பான (complex) உமிழ்நீர்ச் சுரப்பியை மூளையின் முகுளம் கட்டுப்படுத்துகிறது. இச்சுரப்பி சுவை, பார்வை, மணம் முதலியவற்றால் தூண்டப்பட்டுச் சுரக்கின்றது. கூட்டு உணர்ச்சியைத் தூண்டும் மருந்துகளான அரிகொலின், பைலோ கார்பின், கார்பகால் போன்றவை அதிகமான உமிழ் நீரைச் சுரக்கப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. அட்ரோப்பின், கிளைகோ பைரோலேட்ஸ் முதலிய மருந்துகள் உமிழ் நீர் சுரப்பதைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. உமிழ் நீர் காரத்தன்மை வாய்ந்தது. கால்நடைகளின் இரைப்பை யில் உள்ள அமிலத்தன்மையைச் சமப்படுத்தவும், பைகார்பனேட் உற்பத்திக்கும், சில வகை உணவு வகைகளைப் பிரித்துச் சுவை ஊட்டுதற்கும் உமிழ் நீர்ச்சுரப்பிகள் உதவுகின்றன. மாவுப்பொருள்களைச் சிறுசிறு துகள்களாக்கி, நீராற்பகுத்து அசைபோடும் விலங்கினங்களில் நுரைத்தன்மை ஏற்படாமல் பாது காக்கிறது. அசைபோடும் கால்நடைகளில் உள்ள உமிழ் நீர்ச்சுரப்பிகள் நீக்கப்பட்டால் பைகார்பனேட் உற்பத்தி தடைப்படும். அதனால் கால்நடைகள் மடியும். கால்நடைகளின் உருவம், எடை முதலிய தன்மைகளுக்குத் தகுந்தவாறு பசு, எருமை முதலிய வற்றில் நாளொன்றுக்கு 56 லிட்டரும், குதிரையினங் களில் 43 லிட்டரும், ஆட்டினங்களில் 11 லிட்டரும், நாய், பூனை முதலிய இனங்களில் 200- 1லிட்டரும், மனிதனில் 1.5 லிட்டருமாகச் சுரப்பிகள் உமிழ் நீரை உற்பத்தி செய்கின்றன.

கால்நடைகளில் உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிகள் பாதிக்கப் படுவது மிக அரிது. வெறிபிடித்த நாய்களில் வெறி நாய் வைரஸ்கள் உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிகளில் பெருகு வதால் மிகுந்த உமிழ் நீர் சுரக்கின்றது. சாதாரண மாக உமிழ்நீர் பிசுபிசுப்புத் தன்மையுடையது. வாயில் புண், விரணம், சிறு கொப்புளம் முதலியவை நாக்கு போன்ற உறுப்புகளுக்கு ஊறு விளைவிக்கும்

போது, அனைத்துக் கால்நடைகளிலும், உமிழ் நீர் மிகுதியாகச் சுரக்கும். புல் பூண்டுகளை உண்ணும் கால்நடைகளுக்கு வரும் கோமாரி நோயாலும் முள், ஊசி போன்ற கூரான பொருள்கள் குத்துவதாலும் மிகையான உமிழ்நீர் சுரக்கும். நச்சுத் தன்மை கொண்ட பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகள் தெளிக்கப்பட்ட புல், செடி, கொடி, தானியக்கதிர் முதலியவற்றை உட்கொண்ட கால்நடைகளிலும் உமிழ்நீர் மிகுதியாகச் சுரக்கும்.

- தி. சு. விசுவநாதன்

எஞ்சிய நச்சு

பூச்சிக் கொல்லிகள், பூசணக் கொல்லிகள் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்துவதால் உணவுப் பொருள்களில் எஞ்சிய நச்சு தங்கியிருக்கின்றது. வேளாண்மைக்கும் நலவாழ்விற்கும் பயன்படும் பூச்சிக்கொல்லி, பூசனக் கொல்லி ஆகிய மருந்துகள் எந்த அளவிற்குச் சூழ்நிலைச் சீர் கேட்டிற்குக் காரணமாகின்றன என்பதை அறியும் பொருட்டு பயிர்களிலும் உணவுப்

பயிர்களில் பூச்சிக்கொல்லி, பூசணக் கொல்லி மருந்துகள் பயன்படுத்தியபின் விளைபொருள்களை நச்சுத்தன்மை இல்லாமல் உண்பதற்குக் காத்திருக்கும் காலம்.

பயிர்	மருந்து	மருந்தின் அளவு(%)	காத்திருக்கும் காலம் (நாள்)
நெல்	மாலத்தியான்	0,10	10
	பெனிட்ரோதயான்	0,10	12
வெண்டை	எண்டோசல்பான்	0.07	3
	மெத்தில்பேரத்தியான்	0.05	7
தக்காளி	பாசலோன்	0.05	2
	கார்பரில்	0.10	4
நிலக்கடலை	பாசலோன்	0.10	20
	மோனோகுரோட் டோபாஸ்	0.05	20
மா	பென்தயான்	0.06	5
	டைமெத்தயோட்	0.06	3
மிளகாய்	டைமெத்தயோட்	0.05	11
	மோனோகுரோட்டோபாஸ்	0.05	15
கத்தரி	எண்டோசல்பான்	0.07	3
	பாசலோன்	0.05	2
இலைக்கோஸ்	மோனோகு ரோட்டோபாஸ்	0.04	5
	எண்டோசல்பான்	0.07	2
பூக்கோஸ்	எண்டோசல்பான்	0.07	4
	கார்போசல்பான்	0.05	9
எலுமிச்சை	மோனோகு ரோட்டோபான்	0.05	12
	மெதைல்பேரத்தியான்	0.05	7
வெற்றிலை	குமான்	0.20	

பொருள்களிலும் காணப்படும் எஞ்சிய நச்சு பற்றிய ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

பால். தமிழ்நாடு வேளாண்மைப் பல்கலைக் கழகமும் கோவை மாவட்டக் கூட்டுறவுப் பால் உற்பத்தியாளர் சங்கமும், உற்பத்தி செய்யும் பாலிலிருந்து மாதிரிகள் எடுத்து ஆய்வு செய்ததில் 95%க்கு மேற்பட்ட மாதிரிகளில் BHC எஞ்சிய நச்சு இருப்பது தெரிய வந்தது. மேலும் 93% மாதிரிகளில் தாங்கும் அளவிற்கும் கூடுதலாக இவை உள்ளன. மேலும் DDT 65% மாதிரிகளில் இருந்தாலும் தாங்கும் அளவிற்கும் குறைந்து காணப்பட்டது. இவை தவிர எடுத்த 90% மாதிரிகளில் ஹெப்டா குளோர், ஆல்டிரின், என்டோசல் பான்முறையே 53, 10, 21 மாதிரிகளில் காணப்படுகின்றன.

பாலைவிட, வெண்ணையில் இவற்றின் அளவு கூடுதலாகக் காணப்படுகின்றது. எடுக்கப்பட்ட 25% மாதிரிகளில் BHC காணப்படினும் 19% மாதிரிகளில்தான் தாங்கும் அளவிற்கும் கூடுதலாகக் காணப்பட்டது.

மாட்டுப்பால் மட்டுமன்றித் தாய்ப்பாலிலும் இவை காணப்படுகின்றன. தாய்ப்பாலில் 70% மாதிரி களில் BHC யும், ஹெப்டாகுளோர் 29% மாதிரி களிலும் காணப்படுகின்றன. நூற்றுக்கு ஒரு மாதிரி யில்தான் ஆல்டிரின் எண்டோசல்பான், DDT ஆகியவை காணப்படுகின்றன. மாட்டுப்பாலில் காணப்படும் எஞ்சிய நச்சுகளுக்குக் குறிப்பிடத்தக்க காரணம் மாடுகளுக்குத் தரப்படும் தீவனம், குடிநீர் ஆகியவற்றில் இம்மருந்துகள் கலந்திருப்பதேயாகும்.

வெங்காயம். வெங்காயத்தில் தோன்றும் வேர் முடிச்சு நூற்புழு, போரேட் 10% அல்லது கார்போ ஃபியுரான் 3% ஆகிய குறுநொய் மருந்துகளை ஹெக்டேருக்கு 10, 30 கிலோ வீதம் நட்ட 10 நாளில் செடியைச் சுற்றி மண்ணில் போட்டு நீர் பாய்ச்சுவதால் கட்டுப்படுகின்றது. அறுவடையின் போது வெங்காயத்தில் எஞ்சிய நச்சும் இருப்ப தில்லை.

பூச்சிக்கொல்லி, பூசணக்கொல்லி மருந்துகளைப் பயன்படுத்தியவுடன் அறுவடை செய்த உணவுப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தினால் அவற்றில் எஞ்சிய நச்சு கூடுதலாக இருக்கும். ஆனால் குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பின்பு பயன்படுத்தினால் எஞ்சிய நச்சு காணப்படுவதில்லை. இவ்வாறு மருந்துகளைப் பயன் படுத்தியதிலிருந்து விளைபொருள்களை உணவுக்குப் பயன்படுத்துவதற்குக் குறிப்பிட்ட காலம் காத்திருக்க வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு காத்திருக்கும் காலம் பயிர், மருந்து ஆகியவற்றிற்கு ஏற்றவாறு வேறுபடும்.

கா, சிவப்பிரகாசம்

எட்டிக்காய்

இதன் தாவரவியல் பெயர் ஸ்டிரிக்னாஸ் நக்ஸ்வாமிகா (strychnos nux-vomica) ஆகும். இது ஸ்டைரிக்னேசி என்ற இருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. ஸ்டிரிக்னாஸ் என்ற இனத்தில் மொத்தம் 200 சிற் றினங்களுண்டு. எட்டிக்குக் காஞ்சரம் என்ற மற் றொரு தமிழ்ப் பெயரும் உண்டு.

எட்டி மரம் வெப்பப்பகுதிகளில் வளரக்கூடிய தாகும். குறிப்பாக இந்தியாவில் கேரளா, ஒரிசா ஆகிய மாநிலக் காடுகளிலும், இலங்கை சீனா, வட ஆஸ்திரேலியா, சயாம், இந்தோனேசியா ஆகிய நாட்டுக் காடுகளிலும் மிகுதியாக வளர்கின்றது.

வளரியல்பு. எட்டி ஓர் இலையுதிர் மரமாகும். இது 15-20 மீட்டர் உயரம் வரை வளரக் கூடியது. அடிமரம் நேராகவும், கிளைகள் பரவலாகவும் காணப்படும். கிளைகள் உருண்டையாக, கணுக்கள் தடித்து இணைந்துமிருக்கும்,

இலை. எதிரிலையடுக்கு அமைப்பு, காம்பு டையவை, தனித்தவை, முழுமையானவை, கரும் பச்சை நிறம், பளபளப்பானவை. வட்டவடிவம், 3அல்லது 5 முக்கிய நரம்புகள் அடியிலிருந்து புறப் படும்.

மஞ்சரி. பொதுவாக தண்டு நுனி மஞ்சரி, அரி தாக இலைக் கோண சைம்களும் காணப்படும். பூவடிச் செதில்களுண்டு. பூக்காம்புச் செதில்கள் மிகச் சிறியவை.

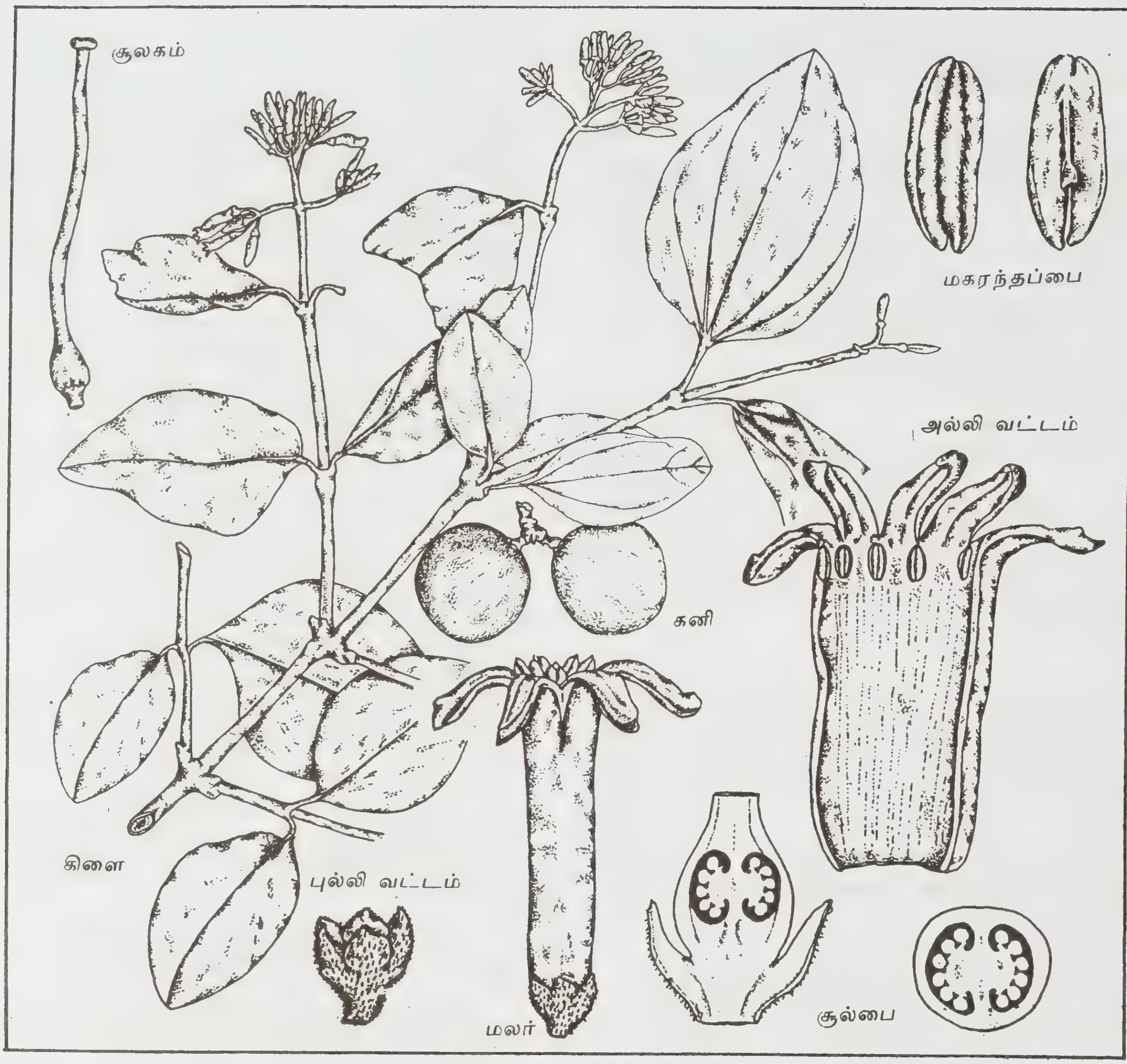
மலர். காம்புடையவை, முழுமையானவை, இருபால், ஆரச்சமச்சீர், ஐந்து அங்கப்பூ.

புல்லிவட்டம். 5 புல்லிகள், இணைந்தவை, கிண்ணம் போன்றவை; மடல்கள் ஒத்தவை, தோல் போன்றவை.

அல்லிவட்டம். 5 அல்லிகள், இணைந்தவை. பசுமை அல்லது வெளிர்பச்சை நிறம். வெந்தய மணம் கொண்டவை. அல்லிக்குழல் 7-20 மி.மீ. நீளம்; அல்லி மடல்கள் வெளிநோக்கி விரிந்திருக்கும். 8-10 மி.மீ. குறுக்களவு காணப்படும். அல்லிக்குழலில் உட்புறம் கீழ்நோக்கிய தூவிகள் காணப்படும்.

மகரந்தத் தாள். 5, அல்லி ஒட்டியவை. அல்லிக் குழல், கழுத்துப்பகுதியில் சிறிது நீட்டியவாறு அமைந் திருக்கும். மகரந்தக் காம்பு மிகச் சிறியது. மகரந்தப்பை இரு அறை கொண்டது.

சூலகம். சூலிலைகள் 2, சூலறை அடிப்பகுதியில் இரண்டாகவும், மேற்பகுதியில் ஒன்றாகவும் இருக் கும். சூலிலைகள் இணைந்தவை. மேல்மட்டச்சூல்பை பல சூல்கள், அச்சொட்டு முறை. சூல்தண்டு 1.



நீண்டது; ஏறத்தாழ 10-12 மி.மீ. நீளமிருக்கும். சூல்முடி தலைவடிவம்.

கனி. சதைக்கனி பெர்ரி (berry) ஆகும். ஆரஞ்சு அல்லது சிவப்பு வண்ணம் கொண்டது. 5-6 செ.மீ. குறுக்களவு. மேல்தோல் கெட்டியானது.

விதைகள். கனிக்கு 4-6 ஆகக் காணப்படும். அவைவட்டமாக, தட்டையாக, ஓரங்கள் சற்றுத் தடித்து இருக்கும். 2 செ.மீ. விட்டம் கொண்டவை. விதைகள் பளபளப்பாகக் இருப்பதற்குக் காரணம் விதையுறையின் மேல்பகுதியில் காணப்படும், நெருக்க மாக அமைந்த படுக்கை வாட்டுத் தூவிகளே ஆகும். விதை எண்டோஸ்பர்ம் கொண்டது. கருவின் வித் திலைகள் பச்சையாக இலை போன்று காணப்படும். விதைகளைச் சூழ்ந்து சதைப்பற்றுப் பகுதி காணப் படுகிறது.

வளரிடம். தென்னிந்திய இலையுதிர்காடுகளில் காணப்படும். மலையடிவாரத்திலும், சிற்றூர்களிலும் தன்னிச்சையாக வளர்வதைக் காணலாம். செம் பூரான் மண்ணில் நன்கு வளரும்; சாதாரணமாக டிசம்பர் மாதத்தில் இலைகள் உதிர்ந்தபின் பிப்ரவரி யில் புதுக்குருத்துகள் தோன்றும். மார்ச்-ஏப்ரலில் மலர்கள் தோன்றும். கனிகள் மரங்களிலேயே உதிரா மல் ஆண்டு முழுவதும் காணப்படும்.

தயாரிக்கும் முறை. புரட்டாசி, ஐப்பசி மாதங் களில் நன்கு முற்றிய பழத்தை அழுகவிட்டு, நீரில் அதன் சதையைக் கழுவி, பின்னர் எட்டிக்

கொட்டையை எடுப்பர். பிறகு கொட்டையை வெயிலில் உலர்த்துவர். தரம் பிரிக்கப்பட்டபின் கார்த்திகை முதல் மாசி வரை விற்பனையாகும்.

அல்கலாய்டும் - உட்கூட்டுப்பொருளும். எட்டி இனம் மருத்துவம் மற்றும் நச்சியியலில் (toxicology) மிகவும் முக்கியமாகக் கருதப்படுகிறது. ஸ்டிரிக்னாஸ் இனத்தில் பல தீவிர நச்சு அல்கலாய்டுகள் உண்டு. எட்டியில் பொதுவாக ஸ்டிரிக்னைன், புரூசின் ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை. இவற்றைத் தவிர ஓமிசின், ஸ்டிரிக்னோசைன் என்பவையும் காணப்படுகின்றன. எட்டி விதையில் 1.5 - 3.5% அல்கலாய்டுகள் உண்டு. அவற்றில் பாதி அளவு ஸ்டிரிக்னைன் ஆகும். நகஸ்-வாமிகா என்ற வணிகப் பெயர் ஸ்டிரிக்னைன் அல்கலாய்டைக் குறிக்கும். புரூசின் அல்கலாய்டு நச்சுத்தன்மை குறைவானதால் இதற்குப் பொருளாதார மற்றும் மருத்துவ முக்கியத்துவம் குறைவு. கனியின் சதைப்பற்றுப்பகுதியில் லொகானின் எனப்படும் குரூகோஸைடு உள்ளது. இந்த அல்கலாய்டுகள், லொகானின் எட்டியின் மற்ற பகுதிகளான வேர், கட்டை, பட்டை, இலை, கனி சதைப் பற்றுப் பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் எண்ணிக்கை அளவு வேறுபடலாம்.

மருத்துவப் பயன். ஸ்டிரிக்னைன் மிகவும் கசப்பு வாய்ந்த வேதிப் பொருளாகும். 4 இலட்சம் பங்கு நீரில் 1 பங்கு ஸ்டிரிக்னைன் இருந்தாலும் அதற்கே உண்டான கசப்புச்சுவை அந்த நீருக்கு வந்துவிடும். இந்திய மருத்துவத்தில் வலிமை தர, காய்ச்சலைக் குறைக்க, தோல் தொடர்பான நோய்க் காயங்களை ஆற்றப் பயன்படுத்துவதுண்டு. மேலும் வாதநோய்களைக் குணப்படுத்தும். இந்தியாவின் சில பகுதிகளில் எட்டிவிதைப் பொடியைப் பாலுணர்வைத் தூண்டப் பயன்படுத்துவதுண்டு. குதிரைகளுக்கு வலிமை தரவும் கொடுப்பதுண்டு; மேலும் இது மூச்சு மண்டலத்தைத் தூண்டக்கூடியதாகும்.

சில மருத்துவர்கள் இதை வாந்தி ஊக்கியாகவும் வயிற்றுச் சாந்தியாகவும் (anodyne), பேதி மருந்தாகவும் சளி வெளியேற்றியாகவும் (expellant) பயன்படுத்துகின்றனர். எட்டிப் பட்டை காய்ச்சலுக்கும், உடல்வளர்ச்சிக்கும் பயன்படுகிறது. ஸ்டிரிக்னைன் மூளையை ஊக்கி நரம்பைப் பணி செய்யத் தூண்டும் தன்மைகொண்டது. பாலும், தண்ணீரும் சமமாகக் கலந்த நீர்மத்தில் எட்டிக் கொட்டையைக் கொதிக்கவைப்பதால், விதை மிகவும் மிருதுவாகிவிடும். அதிலிருந்து விதைப்பருப்புகளையும் கருவையும் எடுத்து அரைத்து மாவாக்கி உலர்த்திப் பொடியாக்கி விடுவர்.

எட்டிப்பொடி சாப்பிடுபவர் பால் நெய் அருந்தி வந்தால் பயன் மிகுதியாகும். எட்டிப்பொடி வயிற்று மந்தம், இரத்தப்போக்கு, கழிச்சல், வாதச்சேட்டை, வயிற்றுப்பூச்சி, மனக்கொதிப்பு, மலச்சிக்கல், வலிப்பு, ஆசன வெளியேற்றம் (prolapse of rectum) கவுட் (gout) நீர்அச்சம் (hydrophobia), ஆண்மைக் குறைவு ஆகிய பல நோய்களுக்கும் பயன்படுகிறது. நீண்டநாள் கொடுத்து வந்தால் நீரிழிவுநோய் குணமாகிறது என்று கூறப்படுகிறது.

பூச்சிக்கொல்லி மருந்து விற்பனை நிலையங்களில் ஸ்டிரிக்னைன் சல்ஃபேட்டாக விற்கப்படுகின்றது. இதில் 0.5-1% ஸ்டிரிக்னைன் உள்ளது. இதைத் தீனியுடன் கலந்து விலங்குகளை அழிக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

பிற பயன். கனியிலுள்ள சதைப் பற்றுப்பகுதியிலும் ஸ்டிரிக்னைன் மிகக் குறைந்த அளவில் காணப்படும். இருப்பினும் பறவைகள், கால்நடைகள், குரங்குகள், பிற விலங்குகள் அவற்றை விரும்பி உண்பதுண்டு. இதன் காரணமாக விதைபரவுதல் நடைபெறுகிறது. எட்டி இலையை உட்கொண்ட கறவைப் பசுக்கள் கொடுக்கும் பாலிற்கு எட்டிக்கு உரித்தான சுவை வந்துவிடும். இந்தப் பாலை உட்கொண்டால் மனிதனுக்குச் செரிப்புத் தன்மை, உடல்வலிமை கூடும் என்ற நம்பிக்கை உண்டு, ஆனால் இதற்கு மருத்துவச் சான்று இல்லை. சாராயம் காய்ச்சுபவர்கள் இக்கொட்டையும் சேர்த்துக் காய்ச்சினால் போதைகூடும் என்று கருதுவதுண்டு. மலைவாழ் மக்கள் மீனைப்பிடிக்க இந்தப் பொடியைப் பயன்படுத்துவதுண்டு. எட்டி மரக்கட்டைகள் கெட்டியானவை; கறையான் தாக்குதலுக்கு உட்படுவதில்லை. அவற்றைக் கொண்டு வேளாண்பயிர்ப் பொருள்கள் செய்வர். அழகிய, கடைசல் வேலைக்கு மிகவும் ஏற்றது.

நச்சுத்தன்மை, எட்டியிலுள்ள ஸ்டிரிக்னைனும் மற்ற அல்கலாய்டுகளும் மனிதனின் முக்கிய நரம்பு மண்டலத்தைத் தாக்க வல்லவை. இதை உட்கொள்வதால் அனிச்சை செயல்கள் தூண்டப்படுகின்றன. மிகுதியான ஸ்டிரிக்னைன் உட்கொண்டால் தசைகளில் துடிப்பு, இழுப்பு முதலியவை ஏற்படும். இதற்குக் காரணம் தசைகளின் செயல்கள் எதிர்மாறாக நடைபெறுவதேயாகும்.

பாலூட்டிகளில் எட்டி அல்கலாய்டுகள் இதயத்தை நேராகத் தாக்குவதில்லை. மனிதன் எட்டியை உட்கொண்டால் அது உணவுக்குழாயை அடைத்து அங்கிருந்து மற்ற மண்டலங்களை அடையும். சிறுநீர் மூலமாக 10-20% வெளிவருவதாகக் கூறப்படுகிறது. ஈரலில் பெரும்பகுதி காணப்படுகிறது. மனிதனிடம் 0.07 - 0.15 தானியமணி அளவு ஸ்டிரிக்னைன் இழுப்பைத் தோற்றுவிக்கும். இந்த அளவு 0.03 க்கும் மிகுதியானால் மரணம் நேரிடும். 12-45 தானியமணி அளவு உயிருக்கு ஆபத்தான அளவு ஆகும். ஸ்டிரிக்னைனை மருந்தாக உட்கொண்ட தாயிடமிருந்து பாலை உட்கொண்ட குழந்தை

அதன் நச்சுத் தன்மையால் இறந்ததாக ஆய்வுகள் புலப்படுத்துகின்றன.

மனிதர்கள் தற்கொலை செய்து கொள்ளவும், மற்றவரைக் கொல்லவும் இதைப் பயன்படுத்து வதுண்டு. எட்டிவிதைப் பொடியை மாவு அல்லது உணவோடு சேர்த்து வயல் எலிகள், வீட்டு எலிகள், பெருச்சாளிகள், தெருநாய்கள் முதலியவற்றைக் கொல்லப் பயன்படுத்துவர். இதன் நச்சு வீரியமிக்க தால் உட்கொண்ட சிறிது நேரத்தில் அந்த விலங்கு கள் ஓட முடியாமல் இறந்து விடும்.

எட்டி நச்சின் முதல் அறிகுறி அமைதியின்மை யாகும். நரம்புத் தளர்ச்சி, செயல்கள் தூண்டப் படல், தசைகளின் துடிப்பு, கழுத்துப் பிடிப்பு, நடக்க இயலாமை போன்ற உணர்வு, திடீரென்று தோள்பட்டைகளை உலுக்குவது, கை, கால்களை உதறிக் கொள்வது போன்றவை பிற அறிகுறிகள் ஆகும். நச்சுக்கு முறிவு உணவுக் குழாயைத் தூய்மைப்படுத்துதலே நச்சு முறிவுக்கு முதலில் செய்ய வேண்டிய பணி ஆகும். சிலர் பொடி செய்த கரியை உட்செலுத்தி, அதைக் கொண்டு ஸ்டிரிக்னைனை உறிஞ்சும்படி செய்வர். பொட்டாசியம் பெர்மாங் கனேட்டை உட்கொண்டால் ஸ்டிரிக்னைன் ஆக்சிஜனேற்றம் அடைந்து நச்சுத்தன்மை முறிந்து விடும். இழுப்புத் தன்மையைக் குறைப்பதற்கு குளோரோஃபார்ம் வளிமத்தை உட்செலுத்துவர்.

விலங்குகளில் பின்வரும் அளவில் ஸ்டிரிக்னைன் நச்சுத்தன்மை கொண்டது.

பசு-குதிரை-	0.50 மி.கிராம்/கிலோஎடை
பன்றி	0.50 ,, ,,
நாய்	0.75 ,, ,,
பூனை	0.20 ,, ,,
எலி	0.30 ,, ,,
கோழி	0.50 ,, ,,
மனிதன்	1.00 ,, ,,

இதனால் தாக்கமுறும் விலங்குகள் குறிப்பாக நாய்கள் பின்வரும் குணங்களைக் காட்டும். அமைதியின்மை, மூச்சுத்திணறல், குமட்டல்,வாந்தி எடுத்தல், முகத்தில் சதை இறுகுதல், கண் இமை கொட்டுதல், காது மடல்கள் சோர்தல், கழுத்து மார்பு வயிற்றுப்பகுதித் தசைக் கடினமாகுதல் முதலிய வற்றுடன் நடை இறுக்கமாகும். அவ்விலங்குகள் சிறுநீர் கழிக்கும் போதும் மலம் கழிக்கும் போதும் நடுக்கமும் வலிப்பும் ஏற்படும். மூச்சுத்திணறும்; இறுதி யாக மூளைப்பகுதிக்குத் தேவையான ஆக்சிஜன் கிடைக்காமல் நாய் இறந்து விடும். மருந்து கலந்த உணவைப் பூனைகள் மோப்பம் பிடித்து உண்ணாமை யால் அவை பெரிதும் தாக்கம் அடைவதில்லை. பசு குதிரை போன்ற பெரிய விலங்குகள் சிலநேரம் நஞ்சூட்டப்படுகின்றன. நஞ்சுண்டு செத்த எலிகளைப் பன்றிகள் தின்றால், அவையும் ஸ்டிரிக்னைன் நச்சினால் தாக்கப்பட்டு இறந்துவிடும். ஓட்ஸ் தானியத்தில் ஸ்டிரிக்னைன் கலந்து விட்டால் அதைத் தின்ற குதிரைக்கு வேர்வை உண்டாகி, தள்ளாடி நடந்து நடுங்கி கீழே விழுந்து வலிப்பால் இரண்டு மணி நேரத்தில் இறந்து விடும் என்று கூறப்படுகிறது.

மருத்துவம். நோயால் பாதிக்கப்பட்ட விலங்கு களுக்கு வயிற்றைக் கழுவுதல், நீருடன் டானிக் அமிலம் கொடுத்தல் தண்ணீருடன் அதிக அளவில் பொடி சேர்த்துக் கொடுத்தல் ஆகியவை மருத்துவ மாகும். பொட்டாசியம் புரோமைட், குளோரல் மருந்துகளை அளவோடு வாய் வழியாகவோ. குதம் வழியாகவோ கொடுத்தல், குளுகோஸ் டிரிப் ஊசி மூலம் செலுத்துதல் குளோரோஃபார்ம் முகர்ந்து பார்த்தல், அமில நைட்ரேட் முகர்ந்து பார்த்தல் முதலியவற்றையும் மேற்கொள்ளலாம்.

எட்டி மரங்கள் தாமாகவே விதைகள் மூலம் பரவக்கூடியவை. இந்தியாவில் தேவையான அளவு விதைகள் கிடைப்பதால் இதைத் தனியாகச் சாகுபடி செய்வதில்லை. எட்டி விதைகள் அயல்நாடுகளுக்கு ஏற்றுமதி செய்யப்படுவதுண்டு. எட்டிக் காய்களை அவை பழுத்தவுடன் மழைக்காலத்தில் சேகரிப்பர். விதைகளைச் சுற்றியுள்ள சதைப்பற்றுப் பகுதியைக் கழுவி நீக்கி வெயிலில் காயவைப்பர். எட்டியைச் சேர்ந்த வேறுசில சிற்றினங்களும் உண்டு.

ஸ்-பொடடடோரம் *(S. Potatoram)*. இது தேத்தாங் கொட்டையாகும். கல்கொட்டை, சிருங்காரு மரம், சில்ல மரம் என்ற பிற பெயர்களுமுண்டு. இம்மரத்தின் கொட்டைகளைக் கலங்கலான நீரில் போட் டால் நீர் தெளிந்து விடும் என்பர். சிலர் நீருள்ள பாத்திரத்தின் உட்புறத்தில் கொட்டையைத் தேய்க் கவும் செய்வர். இவ்விதைகளில் மாவுப்பொருள்கள் மிகுந்திருப்பதால் கோந்து தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது. இந்தக் கோந்து காகிதம் மற்றும் நெசவுத் தொழிலில் மிகவும் பயன்படுகிறது.

ஸ். கோலுப்ரீனா *(S. Colubrina)*. இது பற்றுக் கம்பிகளைக் கொண்ட கொடியாகும். இதன் இலை களையும் வேரையும் எண்ணெயிலிட்டுக் காய்ச்சி கீல்வாதத்திற்குப் பயன்படுத்துவர். இலை மற்றும் முந்திரி பருப்பை அரைத்துக் கட்டிகளுக்குப் பற்றுப் போடுவதுண்டு.

ஸ். டாக்ஸிஃபெரா *(S. Toxifera)*. தென்அமெரிக் காவைச் சேர்ந்த இச்செடியிலிருந்து புகழ்பெற்ற

உர்ரா (wourah) அல்லது குரேர் (curare) என்ற நச்சுப்பொருள் எடுக்கப்படுகிறது. இச்செடியின் மரப்பட்டையை நீரில் உறைத்துக் கிடைக்கும் பசையை அம்பு மற்றும் வேல்முனைக்குப் பயன் படுத்துவர். இதைச் செவ்விந்தியர்கள் தங்கள் ஆயுதங்களுக்குப் பயன்படுத்துவதுண்டு.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்
- ப. இராமன்

எட்டிச்சத்து

ஸ்டிரிக்னோஸ் நக்ஸ்வாமிகா என்ற செடியின் விதை களிலிருந்து எடுக்கப்படும் எட்டிச் சத்து எனப்படும் ஸ்டிரிக்னின் (strychnine) பழங்கால மருந்துகளில் ஒன்றாகும்.

நரம்பு மண்டலத்தில் கிளைசினுக்கு எதிராக எட்டிச் சத்து பணி புரிகிறது. தண்டு வட நரம்புச் செல்களின் செயல்களை கிளைசின் ஊக்குவிக்கிறது. அத்துடன் தண்டுவட, மூளைத் தண்டு அனிச்சைச் செயல்களைக் கட்டுப்படுத்துவதில் முனைப்பாகப் பங்கு பெறுகிறது. எட்டிச் சத்து, மேற்கூறிய வினை களுக்கு எதிராகப் பணி புரிந்து கிளர்த்தல் உந்தல் களை ஊக்குவிக்கின்றது.

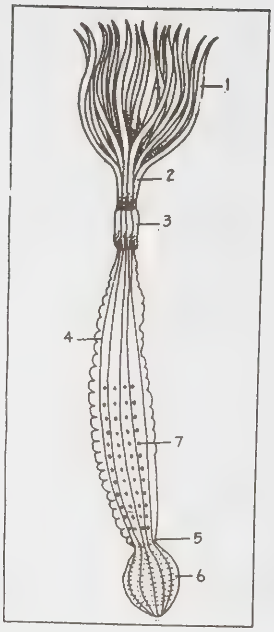
எட்டிச்சத்து அண்மைக் காலமாகப் பயன்படுத்தப் படாமல் இருந்த போதும் மூளையின் பணிகளைத் தெரிந்து கொள்ள ஒரு சிறந்த கருவியாக இன்று அது பயன்படுகிறது. எட்டிச் சத்தை, கொறிக்கும் இன உயிரிகளைக் கொல்லப் பயன்படுத்துவதால், அது தற்கொலைக்கும், கொலைக்கும். தற்செயலான விபத்திற்கும் ஏதுவாகிறது. எட்டிச்சத்தை மிகை யாகச்சாப்பிட்டால் கடுமையான வலிப்புகள் ஏற் படும்.

- அ. கதிரேசன்

எட்வர்ட்சியா

குழியுடலித் தொகுதியைச் சேர்ந்த எட்வர்ட்சியா (edwardsia) ஆக்டினியேரியா வரிசையைச் சார்ந்த மெல்லிய தனி உயிரியாகும். புதைந்து வாழும் இவ் வுயிரிக்கு பாதத்தட்டோ அடித்தட்டுத் தசைகளோ இல்லை. ஆனால் அடிப்பாகம் நன்கு புதையத்தக்க வகையில் குமிழ் போன்று அமைந்துள்ளது. உடற் பகுதி ஸ்காப்புலஸ், ஸ்காபஸ், கேப்பிட்டுலம் ஆகிய மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது.

எட்வர்ட்சியா நீளமான மெலிந்த உடலைக் கொண்டுள்ளது. வரிசைக்கு எட்டாக இரு வரிசையில்

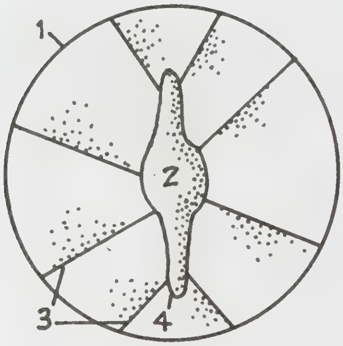


எட்வர்ட்சியா முழுத்தோற்றம்

1. உணர்வு நீட்சி 2. கேபிட்டுலம் 3. ஸ்காபுலஸ் 4. ஸ்காபஸ் 5. லிம்ப்ஸ் 6. பைசோ 7. நெமத்திபாம்.

மொத்தம் 16 உணர்வு நீட்சிகள் உள்ளன. வெளிப்பரப்பான கேப்பிட்டுலத்தில் அமைந்துள்ள எட்டு நீள் விளிம்புகளுடன் மணலும் ஏனைய பொருள்களும் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. இடைச் சுவர் இணைப்புகளுக்கிடையில் நடுப்பசைக் குழிகள் (mesogloeal sacs) கற்றையாக அமைந்துள்ளன. நெமத்திபாம் என்றழைக்கப்படும் இக்குழிகளில் கொட்டும் செல்கள் உள்ளன.

முழுமையான எட்டுக் குடல் தாங்கிகள் உள்ளன. பெரிய இடைச்சுவர்கள் என்றழைக்கப்படும் இவற் றின் தொண்டையின் ஒவ்வொரு முனையிலும் குடல் தாங்கிகள் உள்ளன. அன்றியும் தொண்டைக்குச் செங்குத்தான பரப்பில் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் இரு குடல் தாங்கிகள் தனியாக உள்ளன. முதல் படிவக் குடல் தாங்கிகளிலுள்ள சுருங்கும் தசைகள் ஒன்றை யொன்று எதிர் நோக்கா வண்ணமும் ஏனைய நான்கு குடல் தாங்கிகளின் சுருங்கு தசைகள் கீழ்ப் பகுதியை நோக்கியும் அமைந்துள்ள காரணத்தால் இத்தசைகள் அனைத்தும் இணையாக அமைய வில்லை. நன்கு வளர்ந்து காணப்படும் எட்வர்ட்சி யாவில் நான்கு அல்லது அதிகமான சிறிய இடைச் சுவர்கள் வாய்த்தட்டிற்கு அருகில் வளர்ந்திருக்கின் றன. இவற்றில் சுருங்கு தசைகளும், தனித்துள்ள நான்கு பெரிய இடைச்சுவரிலுள்ள சுருங்கு தசை களும் ஒன்றையொன்று எதிர்நோக்கிய வண்ணம் அமைந்துள்ளன.



1. தூண் 2. வயிற்றுப்பகுதி 3. குடல் தாங்கிகள் 4. சைஃபனோகினிப்

இளம் எட்வர்ட்சியா உணர்வு நீட்சிகளைக் கொண்டு காணப்படும். இவை மெடுசாவின் மீதும் அல்லது குழிக்குடலின் உள்ளும், ஏனைய டினோஃபோராக்களின் மீதும் ஒட்டுண்ணியாக வாழ்கின்றன. ஏனைய உயிரிகளின் மீது ஒட்டுண்ணியாக வாழும் எட்வர்ட்சியா, தான் ஒட்டி வாழும் உயிரிகளின் உடலிலிருந்து உணவுப் பொருள்களை, சைஃபனோகிளிஃப் (siphonoglyph) பினால் உருவாக்கப்படும் நீரோட்டத்தின் மூலமாகப் பெறுகின்றது.

எட்ஜீவர்த் ஃபிரான்சிஸ் இசிட்ரோ

இவர் பயன்முறைச் சிந்தனையாளர்களுள் மிகச் சிறந்தவரும், கடைசியானவரும் ஆவார். புள்ளியியல் பொருளியல் அறிஞரான ஃபிரான்சிஸ் இசிட்ரோ எட்ஜீவர்த் (Francis ysidro Edgeworth) இன் சிறந்த நூல், கணித உளப்பாங்கியல் ஆகும். 1891-1926 வரை பொருளியல் இதழுக்கு ஆசிரியராகப் பணியாற்றினார்.

அயர்லாந்தில் உள்ள லாங்போர்டு வட்டாரத்தில் எட்ஜீவர்த் டவுன் இல்லத்தில் பிறந்தார். தனி ஆசிரியரிடம் தொடக்கக் கல்வி பெற்று 17 வயதில் டப்ளினிலுள்ள டிரினிட்டி கல்லூரியில் சேர்ந்தார். பின்னர் ஆக்ஸ்ஃபோர்டு பல்கலைக் கழகத்தில் பயின்றார். முதலில் தர்க்கவியலில் (logic) கிங்ஸ் கல்லூரியில் விரிவுரையாளராகவும், பின்னர் அரசியல் பொருளாதாரப் பேராசிரியராகவும் ஆக்ஸ்போர்டில் பணியாற்றினார். இறுதியில் ஆல் சோல்ஸ் கல்லூரியின் உறுப்பினர் ஆனார்.

இவர் அறிவியலில் பழைய புதிய முறைகள், கணித உளப்பாங்கியல், அளவியல் என்னும் மூன்று நூல்களை வெளியிட்டார். இவற்றில் இண்டாவது நூல் மிக முக்கியமானதாகும். அதில் இவரது கணிதப் பொருளியல் கருத்துக்கள் பொதிந்து உள்ளன. இவர் கட்டுப்பாடற்ற சந்தையில் ஒப்பந்தம் நிகழ்வது பற்றியும், ஒப்பந்த வளைவுகள் பற்றியும் முதன்முதலாகக் குறிப்பிட்டுள்ளார். பல இதழ்களில் வெளியிடப்பட்ட இவரது ஆய்வுக் கட்டுரைகள் இரு வகையானவை. நிகழ்தகவு, புள்ளியியல் கட்டுரைகள் ஒருவகை; மற்றொரு வகை பொருளியல் கட்டுரைகள் ஆகும். லண்டனில் உள்ள ராயல் பொருளியல் கழகம் 1925 இல் வெளியிட்ட அரசியல் பொருளாதாரக் கட்டுரைகளின் மூன்று தொகுதிகளில், இவரது 34 ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளையும், 75 மதிப்புரைகளையும் காணலாம். இவை கணிதப் பொருளியலுக்கு அடிப்படையாயின.பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் இப்பிரிவில் மிகச் சிறந்தவர்களுள் ஒருவராக எட்ஜீவர்த் விளங்கினார். ராயல் புள்ளியியல் கழகத்தாரால் 1926 இல் வெளியிடப்பட்டு கணிதப் புள்ளியியலுக்கு எட்ஜீவர்த்தின் பணி என்ற கட்டுரையில் இவருடைய புள்ளியியல் கட்டுரைகளின் சுருக்கம் உள்ளது. அறஞ்சார்ந்த இயல்களில் அளவீட்டு முறைகளைப் பயன்படுத்துவது இவரது தனிச் சிறப்பாகும். இவருடைய கணித உளப்பாங்கியலே பயன்பாடு (utility) அற மதிப்புகளை அளவிடல், படங்களையும், இயற்கணிதத்தையும் பயன்படுத்தி பொருளாதாரச் சமநிலையைத் தீர்மானித்தல், நம்பிக்கை நிகழ்தகவினை அளவிட்டறிதல், சான்றான விவரங்களை அளவிட்டுத் திரட்டும் புள்ளியல், பொருளியல் மதிப்புகளைத் தெரிவிக்கும் குறியீட்டு எண்களை (index numbers) ஆராய்தல் என ஐந்து பிரிவாகப் பிரித்தார். 1981 இல் நிறுவப்பட்ட பொருளியல் இதழுக்கு ஆசிரியராகவும், பின்னர் ஆசிரியக் குழுத் தலைவராகவும் இவர் ஆற்றிய பணி குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இவரது உலகளாவிய சிந்தனைப் போக்கும், அறிவியல் பொறையும், ஆழ்ந்த அறிவும், பிற பண்புகளும் போற்றத்தக்கனவாகும்.

-பொன். ஞானசுந்தரம்

எடிங்டன் சர். ஆர்தர் ஸ்டேன்லி

இவர் வானியல், இயற்பியல், கணிதம் ஆகிய துறைகளில் மிகவும் புகழ் மிக்க அறிவியலாராவார். சர் ஆர்தர் ஸ்டேன்லி எடிங்டன் (Sir, Arthur-stanley Eddingtan) இங்கிலாந்தில் உள்ள விண்டர்மீர் என்னும் ஏரியின் அருகில் உள்ள கெண்டல் என்னும் சிற்றூரில் 1882 ஆம் ஆண்டு ஒரு பள்ளித் தலைமை ஆசிரியருக்கு மகனாய்ப் பிறந்தார். குவேக்கர் நிர்வாகத்தின் கீழ் உள்ள ஸ்ட்ராமேன்கேட் பள்ளித் தலைமை ஆசிரியராக இருந்த

எடிங்ட்டனின் தந்தை, இவருடைய இரண்டாவது வயதிலேயே டைபாய்டு நோயால் மரணமுற்றார். தன் தாயின் உதவியுடன் எடிங்ட்டன் சோமர்செட் என்னுமிடத்தில் உள்ள வெஸ்ட்டன்-சூப்பர்மேர் என்னும் பள்ளியில் தமது பள்ளி வாழ்க்கையைத் தொடங்கினார்.

1898 ஆம் ஆண்டு மான்செஸ்ட்டரிலுள்ள ஒவன்ஸ் கல்லூரியிலும், 1902 ஆம் ஆண்டு கேம்பிரிட்ஜில் உள்ள டிரினிட்டி கல்லூரியிலும் மேற்படிப்பைத் தொடர்ந்தார். டிரினிட்டி கல்லூரியில் பயின்றபோது கணிதத் தேர்வில் முதன்மையாகத் தெர்ந்தெடுக்கப்படும் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழக மாணவரில் 'சீனியர் ரேங்கலராக' இவர் தேர்ந்தேடுக்கப்பட்டார். மேலும் ஸ்மித் பரிசு போன்ற பல பரிசுகளையும் பெற்றார். கணிதத் துறையின் அனைத்துப் பரிசுகளையும் இவரே பெற்று முதல் மாணவனாகத் திகழ்ந்தார்.

எடிங்ட்டன் அறிவுக் கூர்மையை உணர்ந்த கல்லூரி அவருக்கு 1907 ஆம் ஆண்டு ஆராய்ச்சி மேற்கொள்வதற்கான உதவித் தொகை அளித்து அவரை ஆராய்ச்சிப் பாதையில் செலுத்தியது. மேலும் 1906 - 1913 வரை கிரீன்விச்சில் உள்ள ராயல் வான் ஆய்வுக் கூடத்தின் முதன்மை உதவியாளராகப் பணியாற்றி வானியல் கருவிகளைக் கையாளும் பட்டறிவைப் பெற்றார். இந்நாள்களில் இவர், மத்தியதரைக் கடலில் உள்ள மால்ட்டா தீவின் நெட்டாங்கை ((longitude)) முதன் முறையாக நிர்ணயித்தார். மேலும் ஒளிமறைப்பின் போது (ec'ipse) ஓர் ஆராய்ச்சிக் குழுவை பிரேசில் நாட்டிற்கு அழைத்துச் சென்று விண்மீன்களின் இயக்கத்தையும் பரவலையும் ஆராய்ச்சி செய்தார்.

எடிங்ட்டனின் அயரா உழைப்பு, அவரை 1913 ஆம் ஆண்டு கேம்பிரிட்ஜில் புலுமியன் வானியல் பேராசிரியராக நியமித்தது. 1914 ஆம் ஆண்டு இந்நிறுவனத்தைச் சார்ந்த வான் ஆய்வுக் கூடத்தின் இயக்குநராக நியமிக்கப்பட்டார். இதே ஆண்டில் 'விண்மீன்களின் இயக்கமும் அண்டத்தின் கட்டமைப்பும்' என்ற நூலை எழுதினார். இதில் தொலை நோக்கியில் நாம் காணும் காற்று, தூசி, வளிமம் கலந்த ஒண்முகிற்படலங்கள் (nebulae) விண்மீன் கூட்டங்களே என்ற உண்மையைச் சிறப்பாக விளக்குகிறார்.

1916 ஆம் ஆண்டு விண்மீன்களின் கதிர்ப்புச் சமநிலைப் பற்றிய ஆய்வை மேற்கொண்ட இவர் பெரிய விண்மீன்கள் இலேசாகவும் சிறிய விண்மீன் அடர்த்தியாகவும் உள்ளன என்பதைக் கண்டறிந்தார்.

ஆசிரியராகவும் சொற்பொழிவாளராவும் இருந்துகொண்டே வான் இயற்பியல், சார்புடைமைக்கோட்பாடு ஆகியவற்றில் கவனம் செலுத்தினார். 1919 ஆம் ஆண்டு வட ஆப்பிரிக்காவைச் சேர்ந்த பிரின்சிபி தீவிற்குச் சென்று ஐன்ஸ்ட்டீன் கோட்பாட்டை (நிறை அதிகமாக உள்ள விண்மீன்களின் அருகே, அதன் ஈர்ப்புவிசை காரணமாக ஒளி நேர் கோட்டில் செல்லாமல் வளைந்து செல்லும்) ஆய்வு மூலம் நிரூபித்தார். மேலும் முழுச்சூரிய ஒளி மறைப்பின்போது சூரியனின் ஒளி மறைப்புப் பகுதிக்கு சற்றுத் தள்ளி உள்ள நட்சத்திரங்கள் சூரியப் பகுதியின் மையத்திற்குச் சற்று அப்பால் நிலைபெயர்ந்து சென்றுவிடும் என்ற பொதுச்சார்புடைமைக் கோட்பாடு மூலம் கூறப்பட்ட உண்மையையும் ஆய்வு மூலம் நிரூபித்தார்.

சார்புடைமைக் கோட்பாட்டை ஆங்கிலத்தில் எளிய நடையில் எழுதியவர் எடிங்ட்டனே ஆவார். இவர் எழுதிய ஈர்ப்பு விசைச் சார்புடைமைக் கோட்பாட்டைப் பற்றிய குறிப்பு, விண்வெளி நேரம், ஈர்ப்பு விசை ஆகிய நூல்கள் குறிப்பிடத் தக்கனவாகும். இவருடைய கணிதவியல் சார்புடைமைக் கோட்பாடு, என்ற நூலை ஐன்ஸ்ட்டீன் பாராட்டியுள்ளார்.

ஒரு விண்மீனின் வளிமண்டலத்தைப் பற்றி ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளத் தேவைப்படும் அனைத்துச் செய்திகளையும் உள்ளடக்கிய 'விண்மீன்களின் உள் அமைப்பு' என்ற இவரது நூல் இன்றைய ஆராய்ச்சி மாணவர்களுக்குத் தேவையானஒன்றாகும். 1870ஆம் ஆண்டு வெளியிடப்பட்ட ஆய்வுக் கட்டுரைகளை ஆதாரமாகக் கொண்டு லேன் கண்டுபிடிப்புகளில் தொடங்கி, விண்மீன்களின் உட்பகுதியை ஆராய்வதின் அவசியத்தையும், வரலாற்றுப் பின்னணிகளையும் இது கொண்டுள்ளது. மேலும் போரின் அணுக் கொள்கை, குவாண்ட்டம் கதிரியக்கக் கோட்பாடு ஆகியவற்றைத் திறனாய்வு செய்து சில புதிய விதிகளை உருவாக்கி அதன் அடிப்படையில் வெப்பச் சமநிலையில் கதிரியக்கம் பற்றி ஸ்டீபன் - போல்ட்ஸ்மன் விதியையும், வியன்ஸ் விதியையும் நிறுவியுள்ளார். விண்மீன்களின் நிறைக்கும், அவற்றின் ஒளிர்மைக்கும் (luminocity) உள்ள தொடர்பையும், அதைக் கண்டறிந்த முறையையும் எளிய நடையில் விளக்கியுள்ளார். மேலும் பல புதிய சமன்பாடுகளை நிறுவியும், போர், ஐன்ஸ்ட்டீன் போன்றோர் நிறுவிய சமன்பாடுகளுக்குத் தீர்வு கண்டும், பல புதிய கண்டுபிடிப்புகளையும் இந்நூலில் எழுதியுள்ளார்.

ஐன்ஸ்ட்டீன், எடிங்ட்டன் ஆகிய இருவருக்கும் பல கோட்பாடுகளில் கருத்து வேறுபாடுகள் இருந்தன. ஐன்ஸ்ட்டீன் பொதுச் சார்புடைமைக் கோட்பாடு, ஈர்ப்பு விசை ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு அண்டத்திற்கு ஒரு மாதிரியை அமைத்தார். ஐன்ஸ்ட்டீன் வெளி என்பதை பொருளை மையமாகக் கொண்டு வரையறுக்கிறார்.

ஆனால், எடிங்ட்டன் நான்கு பரிமாணங்களை உடைய வெளியை ஆதாரமாகக் கொண்டு பொருளை வரையறுக்கிறார். ஐன்ஸ்டீன் உருவமைத்த அண்டம் நிலையற்றது; நுண்ணிய இடர்ப்பாடுகளுக்கே அது விரிந்துவிடும் அல்லது சுருங்கிவிடும் தன்மை வாய்ந்தது என்பது எடிங்ட்டனின் கூற்றாகும். இவர் 1933 ஆம் ஆண்டு எழுதிய 'விரிவடையும் அண்டம்' என்ற நூலில் அண்டம் விரிவடையும் தன்மை வாய்ந்தது; ஆனால் பொருள்கள் ஆக்கவும் அழிக்கவும் முடியாதன. எனவே அண்டம் விரிவடையும் போது ஓடையில் மிதக்கும் தக்கையைப்போல விண்மீன் கூட்டங்கள் நகர்ந்து செல்கின்றன என்பதை விளக்குகிறார். ஆனால் இக்கோட்பாட்டை 1932இல் மில்னே என்பார் ஒண்முகிற் படலங்களுக்கிடையே ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசை அண்டம் விரிவடைவதைச் சுருக்கித் தடுத்துவிடும் என்று கூறி மறுத்தார். மேலும் இவருக்குப் பின் வந்த பாண்டி கோல்ட், ஃப்ரெய்ட் ஹாய்லி ஆகியோராலும் இவரது கோட்பாடு மறுக்கப்பட்டது. இவர்கள் ஒண்முகிற் படலங்களில் ஏற்படும் சில இயற்பியல் மாற்றங்களினால் ஏற்படும் பொருள் ஒண்முகிற்படலங்களுக்கிடையே புதிதாக உண்டாக்கப்படும் பொருள் என்று கூறுகின்றனர். இக்கருத்து இன்றுவரை பிரச்சினைக்குரிய ஒன்றாகவே அமைந்துள்ளது.

1936 ஆம் ஆண்டு குவாண்ட்டம் கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு எடிங்ட்டன் எழுதிய 'புரோட்டான் மற்றும் எலெக்ட்ரான்களின் சார்புடைமைக் கோட்பாடு' என்ற நூலில் உள்ள கருத்துக்களும் சர்ச்சைக்குரியனவாகவே உள்ளன.

சார்புடைமைக்கோட்பாட்டையும் குவாண்ட்டம் கோட்பாட்டையும் ஒத்து நோக்கினால் மாறா எண்களின் மதிப்பைக் கணக்கிட முடியும் என இவர் தர்க்க முறையில் நினைத்தார். குறிப்பாக புரோட்டான்களின் நிறைக்கும், எலெக்ட்ரான்களின் நிறைக்கும்உள்ள விகிதத்தையும், அண்டத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையையும் கணக்கிட அவர் செய்த முயற்சிகள் முடிவடையவில்லை. இவருக்குப் பின் அண்டத்தின் இயற்பியல் கூறுகளைப் பற்றிய மிகப் பல உண்மைகளை ஒருங்கிணைத்து இவருடைய கருத்துக்களை சர் எட்மண்ட் டெய்லர் விட்டேகர் வரிசைப்படுத்தி வெளியிட்டுள்ளார்கள்.

அறிவியலில் இத்தகு தேர்ச்சி பெற்றிருந்தாலும் ஆன்மீகத்தில் ஆர்வமுடையவராயும் இவர் திகழ்ந்தார். முதல் உலகப் போரின்போது அமைதியை நாடும் சமாதான விரும்பியாகத் தம்மை அறிவித்துக் கொண்டார். இவர் எழுதிய தத்துவ நூல்களான 'அறிவியலும் கண்காணா உலகமும்' 'அறிவியலின் புதிய வழிகள்' 'இயற்பிய அறிவியலின் தத்துவம்' ஆகிய நூல்களில் இவருடைய மதப்பற்றைக் காணலாம். இவர் 1927ஆம் ஆண்டு எடின்பர்க் பல்கலைக் கழகத்தில் ஆற்றிய சொற்பொழிவுகளின் தொகுப்பே, இவர் 1928இல் வெளியிட்ட 'இயற்பியல் உலகின் தன்மை' என்ற நூல் ஆகும். இதில் அவர் உலகியல் உண்மைகளை உணர வேண்டுமானால் மனிதன் முதலில் ஆத்ம ஞானம் அடைய வேண்டுமேயன்றி அறிவியலால் முடியாது என்பதை வலியுறுத்துகிறார். எளிய நடையில் உரையாடலைப் போன்றே அமைந்துள்ள இந்நூலில் உள்ள கருத்துக்களைச் சிலர் அறிவியலுக்கு முரண்பட்டது என்று கருதினர். அவை மூட நம்பிக்கைகள் என எதிர்த்தாலும் எடிங்ட்டன் அவற்றைப் பின் வருமாறு மறுக்கிறார்: ஈதல், எலக்ட்ரான் முதல் உள்ள எல்லா இயற்பொறிகளையும் வைத்து நாம் மனித இயந்திரத்தை உருவாக்கினாலும், உண்மையை உணர்ந்து ஒழுக்கத்திற்குக் கட்டுப்படுகின்ற அறிவையுடைய மனிதனை உருவாக்க முடியுமா என்ற கேள்வியை எழுப்பி அவரது கருத்துக்களை மெய்ஞ்ஞானக்கண் கொண்டு நோக்க வேண்டுமென்று கூறுகிறார். முடிவில் அதிகமாக மாறக்கூடியது எதுவோ அதுவே மாறுபடாமலும் இருக்கும் என்ற உண்மையை உணர்த்துகிறார்.

1921-1923 வரை ராயல் வான் ஆய்வுக் கூடத்தின் தலைவராகவும் 1932இல் கணிதவியல் சங்கத்திற்கும், 1938-1944 வரை அனைத்துலக வான் ஆய்வு மையத்திற்கும் தலைவராக இருந்து இவற்றைச் சிறப்பித்தார். பன்னிரண்டு பல்கலைக் கழகங்களில் இருந்து பல கௌரவப் பட்டங்களைப் பெற்ற இவரை 1930ஆம் ஆண்டு இங்கிலாந்து அரசு, நைட் பட்டமளித்துப் பாராட்டியது.

மிகத் திறமை வாய்ந்த அறிஞராக விளங்கிய எடிங்ட்டன் விளையாட்டுத் துறையிலும் ஆர்வமுடையவர். நீச்சல், கோல்ஃப், சைக்கிள் விடுதல் போன்றவற்றிலும் சிறந்த வீரராகத் திகழ்ந்தார். தத்துவம், அறிவியல்; விளையாட்டு ஆகிய துறைகளிலும் இணையிலாச் சிறப்புடையவராகத் திகழ்ந்த எடிங்ட்டன் அவர்கள் 1944 ஆம் ஆண்டு மறைந்தார்.

- க. இந்திராணி

எடிசன் மின்கலம்

இதனை நிக்கல்-இரும்பு எரிகார மின்கலம் என்றும் குறிப்பிடலாம். இம்மின்கலத்தில் நிக்கல் ஆக்சைடு நேர்மின் முனையாகவும், நுண்ணிய இரும்புத் துகள்கள் எதிர்மின்முனையாகவும் உள்ளன. பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல் மின்னாற்பகு பொருளாக கலத்தினுள் காற்றுப்புகாவண்ணம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மின் இறக்கம் நிகழும்போது நிக்கல் ஆக்சைடு, நிக்கல் ஹைட்ராக்ஸைடு ஆக மாறுகின்றது. இரும்பு, இரும்பு ஆக்ஸைடாக

மாறுகின்றது. மின்னேற்றம் செய்யும்போது இந்த வேதியியல் வினைகள் எதிர்த்திசையில் நிகழ்கின்றன. மின்னாற்பகு பொருளில் எந்த மாற்றமும் இல்லை.

காரமின்கலம், அமில மின்கலத்தைவிட இலேசானது, ஆனால் காரமின் கலத்தின் மின்இயக்கு விசை 1.35 வோல்ட்டுதான். அத்துடன் மின் இறக்கம் நிகழும்பொழுது மின் இயக்குவிசையும் விரைவில் குறைந்துவிடும்,

- நா. தியாகராஜன்

எடிசன் விளைவு

1883 ஆம் ஆண்டில் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் தமது கண்டுபிடிப்பான மின்குமிழ் விளக்கைச் சீர்த்திருத்தும் முயற்சிகளில் ஈடுபட்டிருந்தபோது மின்குமிழிலிருந்த கரி இழைக்கு அருகில் ஓர் உலோகக் கம்பியை வைத்துக் குமிழிலிருந்து காற்றை நீக்கி இறுக மூடி விட்டார். அதன் பிறகு கரியிழை மூலமாக ஒரு நேர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தி அதைச் சூடாக்கி ஒளிரவிட்டு உலோகக் கம்பியைக் கரியிழையின் நேர் முனையுடன் ஒரு கால்வனாமீட்டரின் வழியாக இணைத்தபோது கால்வனாமீட்டரில் ஒரு மின்னோட்டம் பதிவாயிற்று, உலோகக் கம்பியைக் கரியிழையின் எதிர்முனையுடன் இணைத்த போது இவ்வாறான மின்னோட்டம் தோன்றவில்லை. கரியிழையிலிருந்து உலோகக்கம்பிக்கு வெற்றிடத்தின் ஊடாக மின்னோட்டம் பாய்ந்ததைக் கண்ட எடிசன் வியப்படைந்தபோதிலும் அவருடைய உடனடியான நோக்கங்களுக்கு இந்த நிகழ்வினால் பயனேதும் ஏற்படாது என்று எண்ணி, அதைப் பற்றித் தமது குறிப்பேடுகளில் எழுதி வைத்துவிட்டு அதைப் பற்றி மறந்து விட்டார். இந்த விளைவு எடிசன் விளைவு எனப்படுகிறது. சூடான கரியிழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு வெற்றிடத்தின் ஊடே உலோகக் கம்பிக்குப் பாய்வதால் இந்த மின்னோட்டம் தோன்றுகிறது என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வாறு சூடான இழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவது வெப்ப அயனி உமிழ்வு (thermionic emission) எனப்படும். ஓவன் வில்லன்ஸ் ரிச்சர்ட்சன் என்ற ஆங்கில விஞ்ஞானி 1900-1903 வரை தாம் நடத்திய ஆய்வுகளின் மூலமாக வெற்றிடத்தில் உலோக இழைகளை வைத்துச் சூடாக்கினால் அவற்றிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் கொதித்து வெளிப்படுகின்றன எனக் கண்டுபிடித்தார். இதற்காக அவருக்கு 1928 ஆம் ஆண்டுக்கான இயற்பியல் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. 1904 ஆம் ஆண்டில் ஜான் அம்புரோஸ் பிளமிங் என்ற ஆங்கில மின் பொறியாளர் எடிசன் விளைவின் அடிப்படையில் ஒரு புதிய சாதனத்தை உருவாக்கினார். அவர் ஒரு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குமிழில் ஓர் இழையைப் பொருத்தி அதைச் சுற்றிலும் ஓர் உருளை வடிவ உலோகத்துண்டையும் பொருத்தினார். அதைத் தகடு என அவர் குறிப்பிட்டார். அந்தத் தகட்டில் நேர் மின்னழுத்தம் இருந்தால் இழையிலிருந்து வெளிப்படுகிற எலெக்ட்ரான்களை அது கவர்ந்து இழுக்கும். தகடு எதிர் மின்னழுத்தத்திலிருக்கும் போது எலெக்ட்ரான்களை விலக்கும். இவ்வாறு தகடு நேர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்போது மட்டுமே குமிழின் மூலமாக மின்னோட்டம் பாய முடியும். இத்தகைய ஒரு குமிழைத் திசைமாறும் மின்னோட்டம் பாய்கிற ஒரு மின்சுற்றில் இணைக்கும் போது, தகடு நேர் மின்னழுத்தம் பெறுகிற வகையில் மின்னோட்டம் பாயும் போது மட்டுமே குமிழ் வழியாக மின்னோட்டம் செல்ல அனுமதிக்கப்படும். தகடு எதிர்மின்னழுத்தம் பெறும் போது மின்னோட்டம் தடை செய்யப்படும். எனவே இந்தச் சுற்றில் உள்ள திசைமாறு மின்னோட்டம் ஒரு திசையில் மட்டுமே பாய்கிற நேர் மின்னோட்டமாக மாறி விடுகிறது. நீர்மங்கள் அல்லது வளிமங்கள் பாய்கிற குழாய்களில் பொருத்தப்படுகிற வால்வுகளைப் போல இந்தக் கருவியும் ஒரு திசையில் மட்டுமே மின்னோட்டம் பாய அனுமதிப்பதால் இதுவும் வால்வு எனப் பெயரிடப்பட்டது. அதில் இழை, தகடு ஆகிய இரண்டு மின்வாய்கள் உள்ளமையால் விஞ்ஞானிகள் இதை டயோடு எனக் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

எடை

ஒரு பொருளின் எடை என்பது அது புவியால் எந்த விசையோடு கவர்ந்திழுக்கப் படுகின்றதோ அதன் மதிப்பே ஆகும். இதன்படி ஒரு பொருளின் நிறையை m என்றும், புவி ஈர்ப்பு முடுக்கத்தை g என்றும் கொண்டால், அப்பொருளின் எடையை mg என்று சொல்லலாம்.

பொருளின் எடை அதன் நிறையைப் பொறுத்து அமைந்திருந்தாலும், எடையும், நிறையும் பொருளின் இருவேறு இயற்பியல் பண்புகளைக் குறிப்பிடுகின்றன. நிறை என்பது பொருளின் திணிவைக் குறிக்கின்ற ஓர் இயற்பியல் கூறு. இது ஓரிடத்தில் பொருள் எவ்வளவு திரண்டிருக்கின்றது அல்லது அப்பொருள் எவ்வளவு ஆற்றலைக் கொடுக்கக் கூடியதாக இருக்கின்றது (பொருளை அழித்தால் ஆற்றல் கிடைக்கும்) என்பதைத் தெரிவிக்கக் கூடியதாக இருக்கின்றது. ஒரு பொருளின் நிறையை மற்றொரு விதமாகவும் வரையறுக்கலாம். ஒரு பொருளின் நிறையெனப்படுவது அது தன் இயக்க மாறுதலுக்கு

ஏற்படுத்துகின்ற தடையே ஆகும். அதாவது இயக்க மாறுதலைப் பொறுத்த வரை பொருளின் நிறை என்பது உராய்வைப் போல என்று கொள்ளலாம். எப்படி உராய்வு இயக்கத்தை எதிர்க்கின்றதோ அது போலப் பொருளின் நிறையும் இயக்க மாறுதலை எதிர்க்கின்றது. பொருளின் நிறை அதிகரிக்க, இயக்க மாறுதலுக்குப் பொருள் ஏற்படுத்துகின்ற தடையும் அதிகமாக இருக்கும். ஐன்ஸ்ட்டீனின் சார்புக் கொள்கைகள் இயக்க வேகம் அதிகரிக்க, ஒரு பொருளின் நிறையும் அதிகரிக்கின்றது என் பதைத் தெரியப்படுத்தியிருக்கின்றன. மிகக் குறைந்த வேகங்களில் பொருள் இயங்கும் போது, அதன் நிறை வேகத்தைப் பொறுத்து மாறுதலுக்கு உள்ளாவ தில்லை என்று கொள்ளலாம். நிறை வேகத்தைப் பொறுத்து மாறுதலுக்கு உள்ளாவதில்லை என்று கொள்ளலாம். நிறை இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுவ தில்லை. ஆனால் புவி ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் மதிப்பு இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுவதால் பொர்ருளின் எடையும் இடத்திற்கு ஏற்ப மாறுபடுகின்றது. இத னால் நிறை ஒரு ஸ்கேலார் என்பதையும், ஆனால் எடை, புவியால் ஈர்க்கப்படும் விசையைக் குறிப்பிடு வதால் ஒருவெக்டார் என்பதையும் அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது. நிறை கிராம், கிலோகிராம் போன்ற அலகுகளினால் அளவிடப்படுகின்றது. கிராம் (gram), கிலோ கிராம் (kilo gram weight), மற்றும் டைன், நியூட்டன் போன்ற அலகுகளால் எடை மதிப்பிடப் படுகின்றது.

நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிகளைக் கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தை (g) என நிறுவலாம்.

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

இதில் M கோளின் நிறையையும், R அதன் சராசரி ஆரத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன. G என்பது ஈர்ப்பு மாறிலி ஆகும். இதன் மதிப்பு 6.6732×10^{-11} நியூட்டன் - மீட்டர்^{2}/கிலோ கிராம்^{2} ஆகும். ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் சராசரி மதிப்பு (g - இன் மதிப்பு) ஒரு கோளின் நிறைக்கும், பரிமாணத்திற்கும் ஏற்ப அமைகின்றது என்பதால் ஒரு பொருளின் எடை, அப்பொருள் இருக்கும் கோள் அல்லது விண் உறுப்பைப் பொறுத்து மாறுபடுகின்றது. சூரிய மண்டலத்தில் உள்ள கோள்கள் மற்றும் சில துணைக் கோள்களின் ஈர்ப்பு முடுக்கமும், பூமியில் 70 கிலோ எடையுள்ள ஒரு சராசரி மனிதன் அக்கோள்களில் பெற்றிருக்கும் எடையும் அட்டவணை-1 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மனிதனின் நிறையில் மாற்றமில்லை என்றாலும் பிற கோள்களில் அம்மனிதன் வெவ்வேறு எடைகளைப் பெற்றிருப்பான் என்பதை இந்த அட்டவணையிலிருந்து அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது.

புவியும் தட்டையான கோளமாக இருப்பதால், நடுவரைக் கோட்டில் ஒரு பொருள் குறைவான எடை

பிற கோள்களில் மனிதனின் எடை

கோள் துணைக் கோள்	ஈர்ப்பு முடுக்கம் g	பூமியில் 70 கிலோ எடையுள்ள மனிதனின் எடை
புதன்	3.587	25.55
வெள்ளி	8.895	63.35
பூமி	9·829	70.00
சந்திரன்	1.622	11.55
செவ்வாய்	3.745	26.67
வியாழன்	26.066	185.64
கானிமிடி	1.612	11.46
சனி	11.185	79.69
டைட்டான்	1.406	9.99
யுரேனசு	10.517	74.90
நெப்டியூன்	13.279	94.57
புளூட்டோ	2.221	15.79

யையும், வட, தென்முனைப் பகுதிகளில் கூடுதலான எடையையும் பெற்றிருக்கும். நடுவரைக் கோட்டில் புவியின் ஆரம் அதிகமாக இருப்பதால், ஈர்ப்பு முடுக்கம் சற்றுக்குறைவாக இருப்பதே இதற்குக் காரணம்.

ஈர்ப்புப் புலமற்ற விண்மீனிடை வெளியில் ஈர்ப்பு முடுக்கம் இல்லாததால், அவ்விடங்களில் நிறை குறிப்பிட்டஅளவு இருந்தாலும் எடை இருப்ப தில்லை. இந்நிலையையே எடையற்ற நிலை என்று கூறுகின்றார்கள். எனினும் ஈர்ப்புப் புலம் இல்லாத தால் தான் எடையற்ற நிலை ஏற்படுகின்றது என்று கூறிவிட முடியாது. எடையற்ற நிலையை ஈர்ப்புப் புலத்தில் கூடத் தோற்றுவிக்கலாம். ஈர்ப்பு விசையை, அதற்குச் சமமான மற்றொரு எதிர் விசையால் சமன் செய்யும்போது இந்நிலை ஏற்படுகின்றது. ஈர்ப்புப் புலமற்ற பகுதியில் எடையற்ற நிலையை நீக்கவும் செய்யலாம். விசையினால் முடுக்கத்திற்கு உள்ளாகும் போது இந்நிலை விளைகின்றது. தன் இயல்பான எடையைவிடக் கூடுதல் எடையுள்ளதாக, அதாவது மிகை எடை உணர்வு ஏற்படும் படியும் செய்யலாம் ஒரு மனிதன் புவி ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் காட்டிலும் கூடுதலான முடுக்கத்துடன் இயங்கும்போது அவன் மிகை எடை உணர்வை உணர்கின்றான். ஏவூர்திகளில்

மனிதர்களை விண்வெளிக்கு அனுப்பும்போது அவர்கள் மிகை எடை உணர்வுக்கு ஆளாகின்றார்கள். பின்னர் செயற்கைக் கோள்களில் அவர்கள் பூமியை வலம் வரும்போது, பூமியின் காரணமாக ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசை, மைய விலகு விசையால் சுழியாக்கப் படுவதால், கலத்தில் உள்ள விண்வெளி வீரர்கள் அனைவரும் எடையற்ற நிலையில் இருப்பதை உணர் வார்கள். செயற்கைக் கோளை ஒரு தற்சுழற்சி இயக்கத்திற்கு உட்படுத்தி எடையற்ற உணர்வை நீக்கலாம். இதையே செயற்கை ஈர்ப்பு என்று கூறு கின்றார்கள்.

நீண்ட கால எடையற்ற உணர்வால், சில வேண்டாத உடற்கூறு மாற்றங்கள் நிகழ்வதால், எடையற்ற நிலை விண்வெளிப் பயணத்தில் ஒரு தடங்கலாகக் கருதப்படுகின்றது. விண்வெளி வீரர் களைத் தீவிரமான உடற் பயிற்சிகளுக்கு உள்ளாக்கு வதால், நீண்ட கால எடையற்ற உணர்வால் ஏற் படும் உடற்கூறு மாற்றங்களை ஓரளவு ஏற்கலாம் என்று கண்டு பிடித்திருக்கின்றார்கள்.

- மெ. மெய்யப்பன்

எடையறி பகுப்பாய்வு

இது அளவறி பகுப்பியலின் (quantitative analysis) ஒரு பிரிவாகும். ஒரு பொருளில் உள்ள தேவைப் படும் ஒரு கூறைமட்டும், தகுந்த முறையில், இயல்பு தெரிந்த ஒரு தூய சேர்மமாகவோ, தனிமமாகவோ மாற்றி (வேதி முறையிலோ மின்வேதி முறையிலோ வீழ்படிவாக்கி) எடையிட்டு அப்பொருளின் இயைபை நிர்ணயிக்கும் பகுப்பியல் முறை எடையறி பகுப் பாய்வு (gravimetric estimation) எனப்படும். சிலசெய் முறைகளில் வீழ்படிவாக்கப்பட்ட சேர்மம் அல்லது தனிமம் மூலப் பொருளில் இருந்த கூறைப் பெற்றி ருக்காது; ஆனால் அதனுடன் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் தொடர்புடையதாயிருக்கும். கிடைக்கும் வீழ்படிவின் எடையிலிருந்தும் இயைபிலிருந்தும் தேவைப்படும் கூறின் அளவைக் கணக்கிடலாம். மிகப் பழமையான இம்முறை விரைவான முறை யன்று எனினும் மிகவும் நுட்பமான முடிவுகளைத் தரவல்லது. எனவே பகுப்பியலாரால் பெருமளவில் இம்முறை கையாளப்படுகிறது. எடையறி பகுப் பியல் கீழ்க்காணும் செய்முறைகளை உள்ளடக்கியது.

கரைத்தல். அளவிடப்பட வேண்டிய கூறைக் கொண்ட பொருள் தகுந்த கரைப்பானில் கரைக்கப் படுகிறது. நீர் அல்லது நீர்த்த கனிம அமிலங்கள் பெரும் பாலான கனிமப் பொருள்களைக் கரைக்க வல்லவை. சில பொருள்களைக் கரைப்பதற்கு அடர் அமிலங்கள் தேவைப்படுகின்றன. கரையாப் பொருள்கள் தகுந்த பொருள்களுடன் சேர்த்து உருக்கப் பட்டுப் பின்னர் அமிலங்களில் கரைக்கப்படுகின்றன.

வீழ்படிவாக்கல். இடையுறும் பொருள்களை (interfering substances) நீக்கியபின் கரைசலுடன் தகுந்த வினைப்பொருள் (வீழ்படிவாக்கி) சேர்க்கப் பட்டுத் தேவைப்படும் கூறு வீழ்படிவாக்கப்படுகிறது. வினையுறும் அயனிகளின் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகை வீழ்படிவாகும் பொருள்களின் கரைதிறன் பெருக்குத் தொகையை விட (solubility product) மிகுந்திருந்தால் மட்டுமே வீழ்படிவாக்கம் நடை பெறும்; வீழ்படிவின் துகள் பரிமாணம் வீழ்படி வாக்க வேகத்தைப் பொறுத்ததாகும். வீழ்படி வாகும் வேகம் அதிகமாயிருப்பின் வீழ்படிவின் துகள் பரிமாணம் மிகவும் குறைவாயிருக்கும். விளையும் வீழ்படிவு எஞ்சியுள்ள மூலக்கரைசலில் கரையும் திறன் அற்றதாயிருக்க வேண்டும். ஒரு வீழ்படிவின் கரைதிறனை அதன் கரைதிறன் பெருக்குத் தொகை யைக் கொண்டு அறியலாம். வீழ்படிவின் கரைதிற னைக் குறைப்பதில் வீழ்படிவாக்கியின் (precipitating agent) அளவும் பங்கு பெறுகிறது. கணக்கிடப்பட்ட அளவை விடச் சற்று அதிகமாக வீழ்படிவாக்கியைச் சேர்ப்பதால் வீழ்படிவின் கரைதிறன் குறைகிறது. வீழ்படிவாக்கி அதிமிகையாகச் சேர்க்கப்படின் அது சில வீழ்படிவுகளின் கரைதிறனை அதிகரித்து வீழ் படிவாக்கத்தை முழுமையற்றதாக்கிவிடுகிறது. கரை சலில் அமிலம் அல்லது காரம் இருப்பினும் வீழ்படி வின் கரைதிறன் அதிகரிக்கிறது. எனவே, தகுந்த பி. எச் (pH) சூழலில் வீழ்படிவாக்கம் நிகழ்த்தப்பட வேண்டும். பெரும்பாலான வீழ்படிவுகளின் கரை திறன் வெப்பநிலை உயர்வால் அதிகரிக்கிறது. இத்தகைய வீழ்படிவுகள் குளிர்ந்த நிலையிலேயே வடித்திறுக்கப்பட வேண்டும். வீழ்படிவுகள் நீரில் அதிகக் கரைதிறனைப் பெற்றிருப்பின் இவை ஆல்க ஹால், அசெட்டோன், அடர் அசெட்டிக் அமிலம் போன்ற பிற கரைப்பான்கள் கலந்த நிலையில் வீழ் படிவாக்கப்படவேண்டும். தேவையான கூறு வீழ்படி வாகும் போது விரும்பத்தகாத மற்ற பொருள்கள் உடன் வீழ்படிவாவது தடுக்கப்பட வேண்டும். அதிக நீர் விளாவிய சூடான மூலக்கரைசலை நன்கு கலக்கிக் கொண்டே நீர் விளாவிய தகுந்த வீழ்படிவாக் கியைத் துளித் துளியாகச் சேர்ப்பதால் உடன் வீழ் படிவாக்கம் தடுக்கப்பட்டுப் படிப்படியாக நிகழ் கிறது.

வீழ்படிவாக்கத்தின்போது வீழ்படிவுத் துகள்களின் பரப்பின் மீதோ அல்லது துகள்களுக்குள்ளோ மாசுப் பொருள்கள் தங்குகின்றன. வீழ்படிவுப்பரப்புக்கு மேல் காணப்படும் மாசுப் பொருள்களுக்குக் காரணம் வீழ்படிவின் பரப்புக் கவர்ச்சி (adsorption) அல்லது புற வீழ்படிவாக்கமே (post precipitation) ஆகும். துகள்களுக்குள் மாசுப் பொருள்கள் புகுவதன்

காரணம் உட்கவர்தல் (occulsion) அல்லது உடன் வீழ்படிவாதல் (coprecipitation) ஆகும்.

பரப்புக் கவர்ச்சியால் வீழ்படிவின் பரப்பு மீது கவரப்பட்டிருக்கும் மாசுப்பொருள்கள் நீரால் கழுவப் பட்டு நீக்கப்படுகின்றன. புற வீழ்படிவாக்கம் காரணமாகப் படிந்துள்ள மாசுப்பொருள்களைக் க்ழுவி நீக்க முடியாது. வீழ்படிவைத் தகுந்த கரைப்பானில் கரைத்து மறு வீழ்படிவாக்கத்திற்கு உட்படுத்துவதால் மட்டுமே இம்மாசுப் பொருள்களை நீக்க முடியும்.

உட்கவர்தல் அல்லது உடன் வீழ்படிவாக்கம் காரணமாக வீழ்படிவுடன் கலந்துள்ள மாசுப் பொருள்களை நீக்க முடியாது.

வீழ்படிவைத் தூய்மையாக்க அவ்வீழ்படிவை மூலக்கரைசலில் ஊற வைத்தல் அல்லது புழுக்குதல் போன்ற முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

புழுக்குதல். வீழ்படிவுடன் கூடிய மூலக்கரைசல் நீராவித் தொட்டி அல்லது மின்வெப்பத் தட்டின் (hot plate) மீது வைக்கப்பட்டுக் கரைசலின் கொதி நிலைக்குச் சற்றே குறைந்த வெப்பநிலையில் சூடேற்றப்படுதலே புழுக்குதல் எனப்படுகிறது. இதனால் வீழ்படிவு குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்குத் தூய்மையடைகிறது. இச் செயலின்போது வீழ்படிவில் உள்ள கரையத்தக்க மாசுகள் கரைந்து விடுகின்றன. வீழ்படிவின் மீது பரப்புக் கவர்ச்சியால் ஈர்க்கப் பட்டுள்ளமாசுகள் நீங்கி விடுகின்றன. படிக உருவ மற்ற (amorphous) வீழ்படிவுத் துகள்கள் ஒருங்கிணை கின்றன. படிகத் துகள்களின் பரிமாணம் அதிகரித்து எளிதில் வடித்திருப்பதற்கு ஏற்றவாறு மாறுகின்றன. சிறிது நேரம் சூடேற்றப்பட்ட பின் வீழ்படிவுடன் கூடிய கரைசலை ஆய்வுக்கூட வெப்பநிலைக்குக் குளிர்விக்க அது சிறிது நேரம் முன்னரே தனித்து வைக்கப்படுகிறது. இந்த இடைவேளைக் காலத்தில் வீழ்படிவாகாமல் இருக்கும் ஒரு சில அயனிகளும் வினையில் ஈடுபட்டு வீழ்படிவாக்கத்தை முற்றுப் பெறச் செய்கின்றன.

வடித்தல்

வீழ்படிவுடன் கூடிய கரைசல் ஒரு தகுந்த வடிக்கும் ஊடகத்தின் வழியே ஊற்றப்பட்டு வடி கட்டப்படுகிறது. ஊடகம் எதுவாயிருப்பினும் வீழ் படிவு முதலில் அதன்மீது ஊற்றப்படுவதில்லை. தெளிவு கூடுமானவரை முதலில் வடிக்கப்படுகிறது, பிறகு வீழ்படிவு நன்கு கழுவப்பட்டுக் கழுவுநீர் வடிக்கப்படுகிறது. இறுதியில் வீழ்படிவு வடிக்கும் ஊடகத்தின் மீது மாற்றப்படுகிறது. வடிக்கும் ஊடகங்களாகக் கீழ்க் குறிப்பிட்டுள்ளவை பயன்படு கின்றன.

வடிதாள். எடையறி பகுப்பியலுக்குத் தக்க வாறான வடிதாள்கள் தனியே உருவாக்கப்படு கின்றன. ஹைட்ரோஃபுளூரிக் அமிலம் போன்ற அமிலங்களைப் பயன்படுத்திப் பதப்படுத்தப்பட்ட இவ்வடிதாள் எரியும்போது மிகக் குறைந்த அளவு சாம்பலைத்தான் தருகிறது. இத்தாள்களில் உள்ள நுண்துகள்களின் பரிமாணம் வேறுபடுகிறது. பல்வேறு பரிமாணங்களில் நுண்துளைகளைக் கொண்ட தாள் கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வீழ்படிவின் தன்மைக் கேற்றவாறு விரைவாகவடிக்கக்கூடிய உரியவடிதாள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. பசை போன்ற வீழ்படிவிற்குப் பெரிய நுண்துளை கொண்ட தாளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வடிதாளின் வழியே வீழ்படிவு வடிக்கப்படும்போது உறிஞ்சு விசை அளிக்ககூடாது.

புடக்குகை. பல்வகைப்பட்ட புடக்குகைகள் (crucibies) வடிக்கும் ஊடகங்களாகப் பயன்படு கின்றன. கூச் புடக்குகை என்பது நுன்துளைகள் கொண்ட அடிப்பாகத்தை உடைய பீங்கான் புடக்கு கையாகும். இதில் வடிக்கும் ஊடகமாகக் கல்நார் இழைகள் இடப்பட்டு உறிஞ்சு விசையினால் இவை நன்கு படியுமாறு செய்யப்படுகின்றன. இதன் மேல் நுண்துளைகள் கொண்ட ஒரு தகடு பொருத்தப்படு கிறது. கல்நாருக்கு மாற்றாகக் கண்ணாடி இழை களையும் பயன்படுத்தலாம். வடித்தலுக்கு முன்னரும் பின்னரும் இப்புடக்குகை நன்கு உலர்த்தப்பட்டு (மாறாத எடை வரும் வரை) எடையிடப்படுகிறது. உலர்த்தப் பயன்படும் உலையின் வெப்பநிலையிலேயே குறித்த இயல்புடைய சேர்மங்களாக மாறும் வீழ்படிவுகளுக்கு மட்டுமே இப்புடக்குலகயைப் பயன்படுத்தலாம்.

பிளாட்டினத்தால் ஆன புடக்குகை, மன்ரோ புடக்குகை எனப்படுகிறது. நுண் பிளாட்டினம் துகள் களே இதில் வடிக்கும் ஊடகமாகப் பயன்படுபவை. ஆல்கஹாலில் நனைக்கப்பட்ட அம்மோனியம் குளோரோபிளாட்டினேட்டைச் சுட்டெரித்து இந் நுண்துகள்கள் பெறப்படுகின்றன. மிகு நுண் நிலை யிலுள்ள வீழ்படிவையும் வடித்திருக்கும் தன்மையை இது பெற்றுள்ளது, மேலும் இப்புடக்குகையை உயர் வெப்பநிலைக்கும் சூடேற்றலாம். இப்புடக்குகையின் உயர்விலை காரணமாக இது பரவலாகப் பயன்படுத் தப் பெறுவதில்லை.

முழுதும் அலுமினியம் ஆக்சைடால் ஆன புடக் குகை ஆலண்டம் புடக்குகை எனப்படுகிறது. இப் புடக்குகையின் சுவர்கள் எல்லாம் நுண்துகள்கள் கொண்டவை. எனவே இப்புடக் குகையில் தனியாக வடிக்கும் ஊடகம் தேவையில்லை. இப்புடக் குகை யையும் உயர் வெப்ப நிலைக்குச் சூடேற்றலாம்.

மெருகூட்டப்பட்ட பீங்கானால் ஆன சுவர் களையும், மெருகேற்றப்படாத பீங்கானை வடிக்கும் ஊடகத்தையும் கொண்டிருக்கும் புடக்குகை, சேலாஸ் புடக்குகை எனப்படுகிறது.

நுண்துகள் கண்ணாடியாலான வடிக்கும் ஊடகத்தைக் கொண்ட கண்ணாடிப் புடக்குகையாகும். இதை உயர் வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்ற இயலாது. உலர்த்தும் உலையின் வெப்பநிலை அளவிற்கு மட்டுமே சூடேற்ற முடியும்.

வீழ்படிவைக் கழுவுதல். தகுந்த ஊடகத்தின் வழியே வடித்திருக்கப்பட்டபின் மாசுப் பொருள்கள் நீங்கும் வரை வீழ்படிவு கழுவப்படல் வேண்டும். சில வீழ்படிவுகள் மட்டுமே நீரால் கழுவப்படத் தக்கவை. ஏனெனில், தூய நீர் பெரும்பாலான வீழ்படிவுகளின் கரைதிறனை அதிகரிப்ப தோடு வீழ்படிவை நீராற்பகுத்தலுக்கும் உட்படுத்துசிறது. மேலும், நீரால் கழுவப்படும்போது அயனிகளனைத்தும் நீங்கி விடுவதால் வீழ்படிவு கூழ்மத் தன்மையடையலாம். (அயனிகள் கூழ்மத்துகள்களின் மின்சுமையை நடுநிலையாக்கி வீழ்படிவாக்கம் அடையச் செய்கின்றன). எனவே, கழுவு நீர்மமாகப் பயன்படுத்தப்படும் திரவம் வீழ்படிவின் கரைதிறனை அதிகரிக்காததாகவும், நீராற்பகுத்தலுக்கு உட்படுத்தாததாகவும் வீழ்படிவைக் கூழ்மநிலைக்கு மாற்றாததாகவும் இருக்க வேண்டும். மேலும் கழுவு திரவம் வீழ்படிவின் மீது எந்த விளைவையும் ஏற்படுத்தக் கூடாது.

வீழ்படிவில் உள்ள அயனிகளில் ஒன்றைக் கொண்ட கழுவு திரவத்தைப் பயன்படுத்துவதால் பொது அயனி விளைவின் காரணமாக வீழ்படிவின் கரைதிறனைக் குறைக்கலாம். ஆல்கஹால், ஈதர் போன்ற கரிமக் கரைப்பான்களைப் பயன்படுத்துவதாலும் வீழ்படிவின் கரை திறனைக் குறைக்க இயலும்.

நல்ல படிக நிலையில் உள்ள வீழ்படிவுகள்கூடக் கழுவும் போது கூழ்மநிலையை அடைவதுண்டு. மின்பகுளிக் கரைசல் கொண்டு கழுவி இதைத் தவிர்க்கலாம். பெரும்பாலும் இதற்கு அம்மோனியம் உப்புக் கரைசல்கள் பயன்படுகின்றன. ஆனால் பயன்படுத்தப்படும் மின்பகுளி வீழ்படிவை எவ்விதத்திலும் பாதிக்கக்கூடாது.

சில வீழ்படிவுகள், குறிப்பாக வலுக்குறைந்த காரத்தின் அல்லது அமிலத்தின் உப்புகள், நீரால் கழுவப்படும்போது நீராற்பகுத்தலுக்கு உட்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, மக்னீசியம் அம்மோனியம் பாஸ்ஃபேட் நீரால் கழுவப் படும்போது மக்னீசியத்தின் அமில ஃபாஸ்ஃபேட்டாகவும் அம்மோனியாவாகவும் மாறுகிறது. கழுவுநீருடன் சிறிது அமோனியாவைக் கலந்து பயன்படுத்தி இதைத் தவிர்க்கலாம். வீழ்படிவு ஓரளவிற்கு நீரில் கரையும் தன்மையைப் பெற்றிருந்தால் மட்டுமே இவ்வாறு நீராற்பகுத்தல் நிகழ்கிறது.

சிறிது சிறிதாகக் கழுவு திரவம் ஊற்றப்பட்டுப் பல முறை வீழ்படிவைக் கழுவுதலே சிறந்த முறை என நிறுவப்பட்டுள்ளது,

வீழ்படிவை உலர்த்துதல். புடக்குகையில் வடிக்கப்பட்ட வீழ்படிவுகள் நன்கு கழுவப்பட்டபின் உலர்த்தும் உலையில் 110 - 120°C வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டு உலர்த்தப்படுகின்றன. சில வீழ்படிவுகள் இவ் வெப்பநிலையில் நீரை இழக்கலாம் அல்லது ஆவியாகலாம். வேறு சில வீழ்படிவுகள் ஆக்சிஜனேற்றம் அடையலாம். இத்தகைய வீழ்படிவுகள் உலையிலிட்டு உலர்த்தப்படுவதில்லை. மாறாகப்புடக்குகையில் வடிக்கப் பட்டபின் ஆல்கஹால் கொண்டு கழுவப்பட்டுப் பின் அசெட்டோன் அல்லதுதகுந்த திரவத்தால் கழுவப்பட்டு உலர்த்தும் கலனில் உலர்த்தப்படுகிறது. எளிதில் ஆவியாகும் கரைப்பான் உலர்த்தும் பாண்டத்தில் வைக்கப்பட்ட நிலையில் ஆவியாகிவிடுகிறது. எளிதில் ஆவியாக்கம் அடையுமாறு செய்ய உலர்த்தும் கலனில் உள்ள காற்று உறிஞ்சு பொறி கொண்டு உறிஞ்சப்படுகிறது.

வீழ்படிவைச் சுட்டெரித்தல். வடிதாளில் வடித்திருக்கப்பட்ட வீழ்படிவுகள் உயர் வெப்ப நிலையில் சுட்டெரிக்கப்படுகின்றன. உயர் வெப்பநிலையில் மட்டுமே வடிதாள் முழுதும் எரிந்து ஆவியாக வெளியேறும். இதற்குப் பிளாட்டினம் அல்லது பீங்கான் புடக்குகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வீழ்படிவுடன்கூடிய வடிதாள் எடையிடப்பட்ட ஒரு புடக்குகைக்கு மாற்றப்பட்டு முதலில் குறைந்த வெப்ப நிலையில் பொசுக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு பொசுக்கும் போது வடிதாள் சுடருடன் எரிவது தடுக்கப்படுகிறது. பொசுக்கப்பட்டப் பின் எஞ்சியுள்ள வீழ்படிவு உயர் வெப்பநிலையில் நன்கு சூடேற்றப்படுகிறது, சூடேற்றக் கீழ்க்காணும் எரிப்பான்கள் பயன்படுகின்றன.

புன்சன் எரிப்பான் என்பது, எரிகுழாய் ஒன்றைக் கொண்ட எளிய எரிப்பானாகும். இக்குழாயின் அடிப்பகுதியில் எரிவதற்குத் தேவையான காற்று உட்புகுவதற்கு ஏற்றவாறு ஒரு துளையுள்ளது.

உட்புகும் காற்றின் அளவைக் கட்டுப்படுத்தும் அமைப்பைக் கொண்ட புன்சன் வகை எரிப்பான், டிரில்லர் எரிப்பான் எனப்படுகிறது.

டிரில்லர் எரிப்பானைவிட அதிக விட்டம் கொண்ட எரி குழாயும், அகன்ற வெம்மை மிகுந்த சுடரைத் தரவல்ல அமைப்பும் கொண்ட எரிப்பான் மெக்கர் எரிப்பான் ஆகும்.

அதிக அழுத்தத்தில் காற்றை அல்லது ஆக்சிஜனைச் செலுத்தி எரி வளிமத்தை எரிக்கும் ஊது எரிப்பான்களும் வீழ்படிவைச் சுட்டெரிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

குளிர்வித்தல். உலையிலிட்டு உலர்த்தப்பட்ட அல்லது சுட்டெரிக்கப்பட்ட வீழ்படிவு ஓர் உலர்த்து

பாண்டத்தில் வைத்துக் குளிர்விக்கப்படுகிறது. வீழ்படிவானது காற்றிலுள்ள ஈரத்தை உறிஞ்சாமல் குளிர்வடையச் செய்வதற்கே இவ்வுலர்த்தும் கலன் பயன்படுகிறது. இப்பாண்டத்தில் நீரை உறிஞ்சி உலர்த்தும் பொருளாக நீரற்ற கால்சியம் குளோரைடு பயன்படுகிறது. பேரியம் பெர்குளோரேட்டு சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு குச்சிகள், சிலிகா களி, அலுமினியம் ஆக்சைடு, நீரற்ற கால்சியம் சல்பேட், கால்சியம் ஆக்சைடு, நீரற்ற மக்னீசியம் பெர்குளோரேட், பேரியம் ஆக்சைடு, பாஸ்ஃபரஸ் பென்டாக்சைடு ஆகியவை கால்சியம் குளோரைடைவிடச் சிறந்த உலர்த்தும் பொருள்களாகும்.

கணக்கீடுகள். ஒவ்வொரு பகுப்பாய்விற்கும் குறைந்தது இரண்டு எடையீடுகள் தேவை. அவை மூலப் பொருளின் எடை, உலர்த்தப்பட்ட அல்லது எரிக்கப்பட்ட எச்சத்தின் எடை ஆகும். இவ்வெடைகளிலிருந்து அளவிடப்படவேண்டிய கூறின் விழுக்காட்டின் இயைபு கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\text{கூறின் விழுக்காட்டியைபு} = \frac{\text{எச்சத்தின் எடை} \times \text{காரணி} \times 100}{\text{மூலப்பொருளின் எடை}}$$

மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் காரணி எனக் குறிப்பிடப்படுவது அளவிடப்படவேண்டிய கூறின் வாய்பாட்டு எடைக்கும் வீழ்படிவாக்கப்பட்ட பொருளின் வாய்பாட்டு எடைக்கும் உள்ள விகிதமே ஆகும்.

- த. கஜபதி

எடையின்மை

எடையின்மையின் இயற்பியல் பண்புகளை முழுமையாக அறியவேண்டுமெனில் எடையைப் பற்றி தெரிந்து கொள்வது அவசியம். ஒரு பொருளின் எடை அதன் நிறையையும் மற்றும் அப்பொருள் இருக்கின்ற சுற்றுப்புறத்தின் தன்மையையும் பொறுத்தது. பொருளின் நிறை என்பது அது தன் இயக்க மாறுதல்களுக்கு ஏற்படுத்துகின்ற தடையாகும். இது சுற்றுப்புறத்தின் தன்மையைப் பொறுத்து மாறுபடுவதில்லை. சுற்றுப்புறத்தின் தன்மையோ, வெளியில் உள்ள பொருள்களோடு தொடர்புடையது. ஒரு பொருளின் எடையை வேறுவிதமாகவும் வரையறுக்கலாம். அதாவது ஒரு பொருளின் எடை என்பது அது எந்த ஈர்ப்பு விசையோடு கவர்ந்திழுக்கப்படுகின்றது என்பதே ஆகும். (ஈர்ப்பு விசை கோள்களுக்குக் கோள் மாறுபடுவதால் எடையும் மாறுபடும். எடுத்துக்காட்டாக புவியில் 100 கிலோகிராம் எடையுள்ள மனிதன் புதனில் 32 கி.கிராமும், வெள்ளியில் 88 கி. கிராமும் சந்திரனில் 17 கி. கிராமும், செவ்வாயில் 38 கி. கிராமும், வியாழனில் 254 கி.கிராமும், சனியில் 108 கி.கிராமும், 'யுரேனஸில் 104 கி.கிராமும், நெப்டியூனில் 142 கி.கிராமும், புளூட்டோவில் 25 கி. கிராமும் எடையுள்ளவனாக இருப்பான்). இதிலிருந்து எடையின்மையை ஓரளவு ஊகித் தறியலாம். புலமற்றதொரு வெளியில் மனிதன் அல்லது பொருளின் எடை சுழியாக இருக்கும். இந்நிலையே எடையின்மை எனப்படும்.

மனிதன் விண்வெளிக்கலனில் செல்லும்போது எடையின்மை நிலைக்கு உட்படுகிறான். விண்வெளிக்குச் சென்று மீண்ட விண்வெளி வீரர்கள் தாம் பட்டறிந்த பல விந்தையான உணர்ச்சிகளை விவரித்து எடையின்மை நிலையையும் உறுதிப் படுத்தியிருக்கின்றார்கள்.

புவியின் ஈர்ப்பு விசைப் புலத்திற்கும் அப்பால், பரந்த விண்வெளியில் ஈர்ப்பு விசை சுழி என்றே கொள்ளலாம். அத்தகைய வெளியில் பொருள்களுக்கு நிறை என்றொன்றிருந்தாலும் எடை என்று குறிப்பிடப்படுவதில்லை. அங்கு எடையின்மை உணர்வு ஏற்படலாம். எனினும் ஈர்ப்பு விசைப்புலம் இல்லாததால்தான் எடையின்மை உணர்வு ஏற்படுகின்றது என்று கருத இயலாது. எடையின்மை நிலையை ஈர்ப்பு விசைப்புலமுடைய ஒரு பகுதியில் தோற்றுவிக்கலாம். ஈர்ப்பு விசைப்புலமற்ற பேரண்ட வெளியில் நீக்கவும் செய்யலாம். ஒரு பொருளின் எடை என்பது அது புவியால் எந்த விசையோடு கவர்ந்திழுக்கப் படுகின்றதோ அதன் மதிப்பாகும். பொருளைக் கவர்ந்திழுக்கும் விசை அப்பொருளில் செயல்படும் மற்றொரு விசையால் சுழியாக்கப்படுமானால் பொருள் எடையின்மை நிலையை அடைந்துவிடும். அப்பொழுது அதன் எடை புவியை நோக்கியும், அதன் எடைக்குச் சமமான ஒரு விசை நேர் எதிர்த் திசையிலும் செயல்பட்டுப் பொருளைத் தானாக அந்தரத்தில் நிற்கும்படிச் செய்யும். அதாவது புவி ஈர்ப்பு விசையே இல்லாதிருக்கும் போது (சுழி புவியீர்ப்பு விசை) பொருள் என்ன இயக்கத்தை ஏற்படுத்துமோ அதையே ஏற்படுத்துகின்றது. இதை ஒரு சான்றால் விளக்கலாம். ஒரு பொருள் முழுதும் ஒரு நீர்மத்தில் மூழ்கியிருக்கும் போது, அது அதனால் இடப்பெயர்ச்சிக்கு உள்ளான நீர்மத்தின் எடைக்குச் சமமான எடையை இழக்கும். இதுவே ஆர்க்கிமிடீசின் விதியாகும். அதாவது ஒரு பொருள் நீர்மத்தினுள் மூழ்கியிருக்கும் போது ஓர் எதிர்விசை, ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராகச் செயல்படுகின்றது. இதுவே மேல்நோக்கு விசை எனப்படுகிறது.

நீர்மத்தின் அடர்த்தி, பொருளின் அடர்த்திக்குச் சமமாக இருக்கும்போது, மேல்நோக்கு விசை

பொருளின் எடைக்குச் சமமாகிவிடுகின்றது. அந் நிலையில் பொருள் எடையற்றதாக இருக்கும். பொருளை நீர்மத்தினுள் எந்த இடத்தில் வேண்டு மானாலும் நிறுத்தி வைக்க இயலுவதாலும் அதற் காக எந்த வேலையும் செய்யப்படாததாலும் இதை உணரலாம். எனவே, நம் உடம்பின் சராசரி அடர்த்தியை உடைய ஒரு நீர்மத்தினுள் முழுதும் மூழ்கியிருக்கும்போது எடையின்மை உணர்வு ஏற் படும் என்பது தெளிவாகின்றது. இப்படி ஏற்படும் எடையின்மை உணர்வு சுழிபுவிஈர்ப்பு விசையால் ஏற்படுகின்ற உணர்விலிருந்து சில காரணங்களினால் மாறுபட்டிருக்கின்றது. ஒரு மனிதன் நீர்மத்தினுள் மூழ்கியிருக்கும் பொழுது நீர்ம மட்டத்தின் உயரத் திற்கு ஏற்ப மாறும் நிலை நீர்ம அழுத்தம் செயல்படுவதால் வெளி அழுத்தம் வளி மண்டல அழுத்தத்தில் மூச்சுவிடுதலை ஏற்படுத்திக் கொண் டிருக்கும் நுரையீரலில் உள்ள அழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் வளி மண்டலத்தில் எடையின்மை உணர்வு ஏற்படும்போது அழுத்தம் உள்ளும் புறமும் சமமாக இருக்கின்றது.

வளி மண்டலத்தில் ஒரு கலம் புவியைச் சுற்றி ஒரு வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் போது புவியின் காரணமாக ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசை, மைய விலகு விசையால் சுழியாக்கப்படுவதால், கலத்தில் உள்ள விண்வெளி வீரர்கள் அனைவரும் எடையற்ற நிலை யில் இருப்பதை உணர்வார்கள். புவி சூரியனைச் சுற்றி வருவதாலும், நிலா புவியைச் சுற்றி வருவ தாலும் பூமியிலும், நிலவிலும் எடையின்மை நிலை ஏற்படும் என்று இதன் பொருட்டுச் சொல்லிவிட முடியாது. ஏனெனில் அவை தங்களின் அதிகமான நிறை காரணமாக எல்லாப் பொருள்களையும் ஓர் இழு விசைக்கு உட்படுமாறு ஒரு பரந்த விசைப் புல்த்தை ஏற்படுத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. பொது வாக எல்லா வானியல் உறுப்புகளுக்கும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் உண்டு.

ஈர்ப்பு விசைப்புலத்தின் எடையின்மை உணர்வை ஏற்படுத்தியது போல, ஈர்ப்பு விசைப்புலமற்ற பரந்த விண்வெளியில் அவ்வுணர்வை நீக்கவும் செய்யலாம். ஈர்ப்பு விசைப்புலமற்ற வெளியில் ஒருகலம் ஓய்வாக இருந்தாலும் அல்லது சீரான வேகத்தைப் பெற்றிருந் தாலும் அதிலுள்ள விண்வெளி வீரர்கள் எடையின்மை உணர்வைப் பெறுவார்கள். ஆனால் கலம் ஒரு விசை யால் உந்தப்பட்டு ஒரு முடுக்கத்தைப் பெறுமானால் ஈர்ப்பு விசைப்புலமற்ற அந்தப் பரந்த வெளியிலும் தமக்கு எடையிருப்பதாக உணர்வார்கள். இதற்குக் காரணம் வேக முடுக்கத்திற்கு நாம் கொடுக்கும் எதிர்ப்பேயாகும்.

எடையற்ற நிலையில் உடற்கூற்றில் சில குறிப் பிடத் தக்க விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன என்று பல ஆய்வுகள் மெய்ப்பித்திருக்கின்றன. 1940 ஆம் ஆண்டில் ஹென்றி என்பார் குரங்குகளை V-2 விண் வெளிக் கூட்டில் வைத்து அனுப்பி, ஒருசில நிமிடங் களுக்கு எடையின்மை நிலையில் இருக்கும்படிச் செய்த போது குறிப்பிட்டுக் கூறும்படியான எந்த உடற்கூறு விளைவுகளும் ஏற்படவில்லை. ஸ்புட்னிக் விண்வெளிக்கலன்களைக் கொண்டு ஆராய்ந்த ரஷ்யர்களும் எடையின்மை உணர்வைப் பொதுவாகப் பாலூட்டிகள் மிக எளிதாகப் பொறுத்துக் கொள்ளு கின்றன என்று அறிந்தனர். எனினும் நீண்ட காலத் திற்கு மனிதனோ விலங்கோ எடையின்மை நிலைக்கு உட்படும்போது சில எதிர்பாராத உடற்கூறு மாற்றங் கள் ஏற்படலாம் என்று அனைவருமே எதிர்ப்பார்த் தனர்.

விளைவுகள். நேராக நிற்கும்போது ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக இரத்த அழுத்தத்தால் இரத்தம் உடம்பின் கீழ்ப் பகுதிகளில் மட்டுமே பாய் வதில்லை மூளைக்குங்கூடப் பாய்ந்து செல்கின்றது. இப்படி ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்து இரத்தம் பாய நம் உடம்பில் ஏதோ ஓர் அமைப்பு காரணமாக இருக்க வேண்டும். உண்மையில் காலிலுள்ள தசைகளின் விரிந்து சுருங்கும் தன்மையால், இரத்த நாளங்கள் அமுக்கப்பட்டு, ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்து இரத்த ஓட்டம் ஏற்படுமாறு செய்யப்படுகின்றது. இப்படி ஈர்ப்புக்கு எதிர் அமைப்பு இல்லையெனில் இரத்த அழுத்தம் வீழ்ச்சியுறும். இரத்தம் கீழ்ப்பகுதிகளுக்கு மட்டும் செல்வதால் மூளை சோர்வடையும். படுத்த நிலையில் இருக்கும்போது பெரும் பாலான தமனியும், சிரையும் இதயத்தோடு கிடைமட்டமாக இருக் கின்றன.

அப்பொழுது எப்பகுதியிலும் இரத்தத்தால் ஏற் படுத்தப்படும் நீர்மத்தின் அழுத்தம் சுழியாகி விடு கின்றது. அதாவது ஈர்ப்பு விசை இல்லாதபோது மனிதன் நேராக நின்ற நிலையில் இரத்த ஓட்டத்தில் ஏற்படுகின்ற விளைவுகள், ஈர்ப்பு விசைப்புலத்தில் படுத்த நிலையில் உள்ள இரத்த ஓட்டத்திற்குச் சம மாகும் எனலாம். எனவே எடையற்ற நிலையில் என்னென்ன உடற்கூறு விளைவுகள் ஏற்படும் என்று அறிவதற்கு ஒரு மனிதனைப் பல வாரங்கள் படுத்த நிலையில் கிடத்தி வைத்தும் நீர்மத்தினுள் மூழ்கி யிருக்குமாறு செய்தும் ஆராய்கின்றார்கள். எடை யின்மை நிலையில் நீண்ட நேரத்திற்கு ஒருவன் இருப்பானேயானால் சோர்வு, மூச்சிரைப்பு, தசை களின் அழிவு, எலும்புகளில் தளர்ச்சி, இதயத் துடிப்பின் அதிகரிப்பு, இதயத்தின் அளவில் சுருக்கம், இரத்தத்தின் மொத்த பருமனில் குறைவு முதலிய உடற்கூறு மாற்றங்களுக்கு அவன் உட்படுகிறான். மேலும் எடையின்மை நிலையில் கழிவுறும் சிறுநீரில் அதிகமான கால்சியம், நைட்ரஜன் முதலியன வெளி யேற்றப்படுகின்றன. சிறுநீரில் கால்சியம், கால்சியம் பாஸ்ஃபேட்டாகப் படிந்து, இயல்பான நிலையில் வெளியேறும் கால்சியத்தைப்போல இருமடங்கு வெளி யேறுகின்றது. சிறுநீரின் வழியாக வெளியேறிய

நைட்ரஜன் தசைகளால் சேகரிக்கப்பட்ட, தசைகளின் இயக்கத்திற்குத் தேவையான நைட்ரஜனே ஆகும். தசைகள் நைட்ரஜனை இழந்தவுடன் தம் பலத்தைப் பெரிதும்இழந்துவிடுகின்றன. எடையின்மை நிலையில் கால்சியமும், நைட்ரஜனும் உடம்பிலிருந்து வெளி யேறுவதன் காரணம் தெளிவாக்கப்படாமலே இருக் கிறது. எலும்புகளில் ஒரு கட்டுக்கோப்போடு அடங்கி யுள்ள புரோட்டீன்கள் இழக்கப்படுகின்றன. அதனால் எலும்புகள் மிகவும் வலிமையிழக்கின்றன. நீண்ட காலத்திற்கு எடையின்மை நிலையில் இருந்தால் அவை நொறுங்கிவிடவும் கூடும் என ஆராய்ச்சி யாளர்கள் கருதுகின்றனர். இரத்தத்தின் பருமன் மொத்தத்தில் 5% வரை குறைகின்றது. இதயத் துடிப்பு நிமிடத்திற்கு 5-10 துடிப்புகள் வரை அதி கரிக்கின்றது. மேலும் நீண்ட நேரத்திற்கு எடை யற்ற நிலைக்கு உட்பட்டு மீண்ட ஒருவன் திரும்ப வும் எழுந்து நேராக நிற்பானேயானால் கண்பார்வை ஏறக்குறைய முற்றிலும் மங்கிவிட்டதுபோல உணர் வான். சோர்வு மேலிட மயங்கி விழுந்து விடுவதும் உண்டு. எடையின்மை நிலையிலிருந்து மீண்ட பொழுது பழைய இயல்பு நிலையை அடைய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் சற்று அதிகமாகவே இருக் கின்றது.

மனித இனம் சூழ்நிலைக்குத் தக்கவாறு விரை வாகத் தன்னை மாற்றிக் கொள்ளக்கூடிய தன்மை யைப் பெற்றிருக்கின்றது. எனினும் நீண்டகால அடிப்படையில் குறிப்பிட்ட வரம்பையும் மீறி ஏற் படும் சுற்றுப்புற மாற்றங்களை அவனால் தாங்கிக் கொள்ள முடியவில்லை. விண்கலத்தை முடுக்கத் தோடு ஒரு நேர் கோட்டில் இயக்குவதாலோ, அல்லது ஒரு மைய அச்சு பற்றிச் சுற்றும்படிச் செய்வ தாலோ விண்வெளியில் பயணம் செய்யும் விண் வெளி வீரர்களின் நெடுநாளைய எடையின்மையை நீக்கிவிடலாம். கலம் சுற்றும்போது ஏற்படும் மைய விலக்கு விசை, ஈர்ப்பு விசையே இல்லாததால் சமப் படுத்தப்படுவதில்லை. எடையின்மை நிலையை நீக்கவேண்டும் என்ற நோக்கத்தோடு கலத்தை ஒரு வித இயக்கத்திற்கு உட்படுத்தினால் அதற்குத் தேவைப்படுகின்ற எரிபொருள் ஒரு பிரச்சினை யாகின்றது. மேலும் தற்சுழற்சியுடைய ஒரு கலத்தி லுள்ள மனிதர்கள் தொடர்ச்சியாக வேலை செய்யும் போது ஒருவிதமான நலக்குறைவிற்கு உட்படுகின் றார்கள். எனவே நாம் புதிய பயன்தரும் வழியைத் தேடுவது கட்டாயமாகின்றது. எடையின்மை நிலையை ஏற்றுச் சமாளிக்கத்தக்க பயிற்சி அளிப்பதே புதிய வழிமுறையாகும். உண்மையில் விண்வெளி வீரர்கள் ஒரு வகையான உடற்பயிற்சிகளுக்கு உட் பட்டால் அவர்கள் எடையின்மை நிலையை மிக எளிதாகச் சமாளித்து விடுகின்றார்கள் என்று அறியப் பட்டது. அலைவுறும் ஒரு படுக்கையில் படுக்க வைத்தும், மேலும் அதைக் கிடைத்தளத்திலிருந்து 50-60 டிகிரி கோணம் ஏற்படுமாறு மாறி மாறி அமைத்தும் விண்வெளி வீரர்களை எடையின்மை நிலைக்குத் தகுதிப்படுத்துகின்றார்கள். கைகளிலும், கால் தொடைகளிலும் ஓர் உறையை சுற்றிக்கட்டி அதனுள் காற்றைச் செலுத்தியும், வெளியேற்றியும் எடையின்மை நிலையில் ஏற்படும் இரத்த ஓட்டம், இதயத்துடிப்பு ஆகிய மாற்றங்களை நீக்கி விடுகின் றார்கள்.

- மெ. மெய்யப்பன்

எண்

கணிதம் என்றாலே எண்களைக் குறிக்கும். எண் களைப் பலவகைப்படுத்திக் கணிதவியலில் அந்தந்த பிரிவுகளுக்கேற்ப அந்தந்த எண்களைப் பயன்படுத்திக் கணித முறைகளில் தீர்வுகள் காண்பது இயல்பாகவே பழக்கத்திலிருந்து வரும் வழக்கமாகும். ஆதிகாலத்தில் ஆள்கள், பொருள்கள், அளவுகள் போன்றவற்றைக் கணக்கெடுப்பதற்கு 1,2,3,4...8,9 ஆகிய முழு எண்கள் வரையறுக்கப்படாமல், அப்படியே இயல் எண்களே (natural numbers) பயன்படுத்தப்பட்டன. பின்னர் பயன்பாடுகளுக்கேற்ப எண்கள் பாகுபடுத்தப் பட்டன. இந்தியா, அரேபியா, எகிப்து, கிரேக்கநாடு ரோம் போன்ற நாடுகளில் இது விரைவாக வளர்ச்சி பெற்றது.

8—11 ஆம் நூற்றாண்டு வரை இந்திய, அரேபிய நாடுகளில் வாழ்ந்த கணித அறிஞர்கள் எண்கள், எண்மானம் (numerals), குறியீடு (notation) ஆகிய வற்றைப் பற்றிக் கண்டுபிடித்த உண்மைகள் பதிமூன் றாம் நூற்றாண்டில், அரேபியரால் ஆப்பிரிக்கா, ஐரோப்பிய நாடுகளுக்குப் பரவின. முழு எண்கள், பின்னங்கள், தசமபின்னங்கள் ஆகியவற்றைக்கொண்டு பயன்படுத்தப்படும் இன்றைய எண் கணிதத்திற்கு ஹிந்து-அரேபிய முறை என்ற பெயர் குறிப்பிடப் பட்டது. மற்ற நாட்டு முறைகளும் வழக்கத்தில் உள்ளன. பூச்சியம் என்ற எண்ணைக் கண்டுபிடித்து அதன் பயன்களை முதன்முதலாகக் கணிதவியலில் பயன் படுத்தியது இந்தியாவாகும். ஹிந்து - அரேபிய முறையில் உள்ள சில முக்கிய ஒப்புமைகளாவன; 1,2,3,......9,0 என்ற உறுப்புகளும், 10 ஐ அடியாகக் கொண்டு தசமப் புள்ளியும் உண்டு, கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல், எண்களின் படிகள் காணுதல், எண்களின்மூலங்கள் கண்டுபிடித்தல் ஆகிய 6 செயலிகள் உள்ளன. மேலும் எண்களின் இட மதிப்புகள் தெளிவாகவும், எளிமையாகவும் அமைக் கப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, 444 என்ற எண்ணைக் குறிக்கும்போது இடக் கோடியில் உள்ள எண் 4 நூறுகளையும், வலக் கோடியில் உள்ள எண் 4 ஒன்றினையும் இடையில் உள்ள எண் 4 பத்தையும்

குறிக்கும். ஒரே எண்ணாக இருப்பினும் இடத்திற்கேற்றவாறு அதன் மதிப்பு மாறும். எண்களைக் குறிக்க வெவ்வேறு முறைகள் உருவாக்கப்பட்டன. குறிப்பாக ரோமன் முறையிலும் ஹிந்து-அரேபிய முறையிலும் பயன்படுத்தப்பட்ட குறியீடுகளாவன:

ரோமன் முறை:	I	II	III	IV	V	VI	VII
ஹிந்து-அரேபிய முறை:	1	2	3	4	5	6	7
ரோமன் முறை:	VIII	IX	X	L	C	D	M
ஹிந்து அரேபிய முறை:	8	9	10	50	100	500	1000

மெய்யெண்கள். 1,2,3.... எனப்படும் இயல் எண்கள் அனைத்தும் மெய்யெண்கள் (real numbers) எனக் குறிப்பிடப்பட்டன. பூச்சியத்தை '0' என்று குறியிட்டு, 1,2.3 ... என்ற எண்கள் நேர்ம எண்கள் (positive numbers) என்றும், இவற்றிற்கு எதிரான மதிப்பையுடைய -1, -2, -3 ... என்ற எண்கள் எதிர்ம எண்கள் (negative numbers) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவையனைத்தும் மெய்யெண்களாகும். மெய்யெண்கள் அனைத்தும் வெவ்வேறு எண்கள் என்பதும் ஒன்றுக்கொன்று சமமானவையல்ல என்பதும், இயல் எண்களில் மிகச்சிறிய எண் 1 என்பதும், மற்ற எல்லா எண்களும் 1 ஐ விடப் பெரியவை என்பதும் அனைவரும் அறிந்த உண்மையாகும். மேலும் சில குறிப்பிட்ட எண்கள் மட்டும் உள்ளதைத் தொகுதி எனக் குறிப்பிடலாம். (1,3, 5,7.9...) என்பது ஒற்றைப்படை எண்களின் தொகுதி எனவும், (2.4,6,8...) என்பது இரட்டைப் படை எண்களின் தொகுதி எனவும், (1,4,9,16,25..) என்பது வர்க்க எண்களின் தொகுதி எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

முழு எண்கள்: எந்த இரண்டு இயல் எண்களின் கூட்டுத் தொகையும் ஓர் இயல் எண்ணாக இருக்கும். ஆனால் இயல் எண்களின் வேறுபாடுகளை எடுத்துக் கொண்டால், பெரிய எண்ணிலிருந்து சிறிய எண் கழிக்கப்பட்டால், நேர்ம எண்ணும், சிறிய எண்ணிலிருந்து பெரிய எண்ணைக் கழித்தால் எதிர்ம எண்ணும், சம எண்களைக் கழித்தால் பூச்சியமும் கிடைக்கும். நேர்ம எண்கள், பூச்சியம், எதிர்ம எண்கள் ஆகிய மூன்று வகை எண்களும் சேர்ந்து முழு எண்கள் (integers) எனப்படும். முழு எண்களின் கூட்டலுக்கான சில விதிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டு உள்ளன.

a,b,c என்பவை முழு எண்களைக் குறித்தால்,

1. $a+b=b+a$ — பரிமாற்று விதி (commutative law)
2. $(a+b)+c=a+(b+c)$ — சேர்ப்பு விதி (associative law)
3. $a+o=a$ — இது பூச்சியம், 0-வின் முக்கியமானப் பண்பினைத்தருகிறது. a ஓர் இயல் முழு எண்ணாக இருந்தால் (a+1), a க்கு அடுத்து வரும் எண்ணாகும்.

பெருக்கலுக்கான விதிகள்.

1. $ab = ba$ — பரிமாற்று விதி
2. $(ab)c = a(bc)$ — சேர்ப்பு விதி
3. $a(b+c)=(ab+ac)$ — பங்கீட்டு விதி (distributive law)
4. $a\times 1=a$ — இது 1 என்ற அலகின் முக்கிய பண்பைத் தருகிறது,
5. $a\times o=o$ — பூச்சியத்தின் முக்கிய பண்பைத் தருகிறது.

கழித்தல், வகுத்தல், ஆகியவை பரிமாற்று விதி, சேர்ப்பு விதி, பங்கீட்டு விதிகளுக்கு இணங்காதவையாகும்.

பின்னங்கள். ஒரு கோட்டிற்கு மேலும், கீழும் இரு எண்களைக் குறித்தால், அது பின்னமெனப்படும். கோட்டில் மேலுள்ள எண் தொகுதி (numerator) என்றும், கீழுள்ள எண் பகுதி (denominator) என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. ஒரு பின்னத்தில் தொகுதி பகுதியைவிடக் குறைவாக இருந்தால் அப்பின்னம் தகுபின்னம் (proper fraction) என்றும், பகுதியை விட அதிகமாக இருந்தால், அது தகாப்பின்னம் (improper fraction) என்றும் கூறப்படும்.

நிறை எண்கள். ஒரு நிறை எண் (perfect number) என்பது, அதனைத் தவிர்த்து, அதனுடைய காரணிகளை மட்டும் கூட்டினால் கிடைக்கும் மதிப்பு அந்த எண்ணுக்குச் சமமாக இருக்கும். (எ.கா) எண் 6இன் காரணிகள் 1,2,3 இவற்றைக் கூட்டினால் $1+2+3=6$ ஆக இருப்பதால் 6 ஒரு நிறை எண் எனப்படும்.

இவ்வாறே,

$$1+2+4+7+14=28$$

$$1+2+4+8+16+31+62+124+248 = 496$$

ஆகியவையும் நிறை எண்களாகும். இவை இரட்டை எண்களாகும். ஒற்றை நிறை எண்கள் இன்னும் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை.

விகிதமுறு எண்கள். இரு முழுஎண்களைப் பெருக்கினால் கிடைக்கும் தொகை ஒரு முழு எண்ணாகும். ஆனால் ஓர் எண் மற்றொரு முழு எண்ணால் வகுபடும்போது கிடைக்கும் ஈவு முழு எண்ணாகவோ பின்னமாகவோ இருக்கும். இவை விகிதமுறு எண்கள் (rational numbers) எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக,

$$\frac{16}{4} = 4; \quad \frac{-16}{4} = -4; \frac{-16}{16} = -1;$$

$\frac{8}{14} = \frac{4}{7}$; பொதுவாக a,b ($b \neq 0$) முழு எண்களானால், $\frac{b}{a}$ ஒரு முழு எண் அல்லது பின்னமாக இருக்கும். ஒரே மதிப்புள்ள விகிதமுறு எண்ணைப் பல முறையில் எழுதலாம். அதாவது $\frac{8a}{8b} = \frac{4a}{4b} = \frac{a}{b}$ ஆகும்.

விகிதமுறா எண்கள். விகிதமுறு எண்களைத் தசம வடிவில் மாற்றும்போது வரும் இலக்கங்கள் (digits) ஒரு முடிவு பெறும் அல்லது மடங்கு தசமமாகும். ஆனால் விகிதமுறா எண்களை மாற்றும்போது இலக்கங்கள் ஒரு முடிவின்றித் தொடரும்.

$\sqrt{2} = 1.414......$ முடிவின்றி இருக்கும் எண்ணுக்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.

மடக்கை. $a^x = y$ என்பதில் x என்பது aயின் மதிப்பை உயர்த்தும் படிக்குறியாகும். a ஐ அடிக்குறியாகக் கொண்ட y இன் மடக்கை (logarithm) x க்குச் சமமாகும். இது $x = \log_a y$ எனக் குறிப்பிடப்படும்.

விகிதமுறாமூலம். சில எண்களின் மூலங்களின் மதிப்பைத் தோராயமாகத்தான் கண்டுபிடிக்க இயலும். அத்தகைய எண்களை விகிதமுறா மூலம் (surd) அல்லது படிமூலம் எனக் குறிப்பிடலாம்.

$$\sqrt{2}, \sqrt{6}, 3\sqrt{4}, 2\sqrt{2}, 3 \cdot \sqrt{2}, 2+\sqrt{3} \ldots$$

போன்றவை விகிதமுறா மூலகங்களுக்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.

அதியியல் எண்கள். ஓர் இயல் மடக்கையில் அடிக்குறியான e (= 2.71828......) என்ற எண்ணும், ஒரு வட்டத்தின் சுற்றளவை அதன் விட்ட அளவால் வகுத்தால் கிடைக்கும் π (= 3.142 ...) என்ற எண்ணும் அதியியல் எண்கள் (transcendenta numbers) எனப்படும். தற்போது π இன் மதிப்பு 2000 தசம அளவு வரை மின்னியல் கணிப்பு முறையால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

பகா எண்கள். ஓர் எண்ணின் காரணிகள் 1-ம் அந்த எண்ணும் மட்டுமேயானால், அவ்வெண் பகா எண் எனப்படும். 1, 2, 3, 5, 7, 11. 13, 17, 19, 23, 29, 31 ... போன்றவை பகா எண்களாகும். 1 முதல் 100 முடிய 25 பகா எண்கள் (prime numbers) உள்ளன. 1952 ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மிகப்பெரிய பகா எண் (2^{127} —1) அது 170141183 460469231731687303715884105727 ஆகும். 1963 இல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மிகப் பெரிய பகா எண் $2^{11213} - 1$, என்பதாகும். 1978இல் 2^{21701} —1), 1979 இல் $2^{44497} - 1$, 1983 இல் $2^{132049} - 1$ கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

உத்தமப் பொதுக்காரணி. எவையேனும் இரண்டு எண்களை எடுத்துக் கொண்டால் அவற்றிற்கு பொதுக்காரணி 1 இருக்கும். அவ்விரண்டு எண்களையும் வகுக்கும் மிகப்பெரிய எண் அவற்றின் உத்தமப் பொதுக்காரணி (highest common factor) (உ.பொ.கா) ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக 35, 56 என்ற இரண்டு எண்களின் உ. பொ. கா. 7 ஆகும். இரண்டிற்கு மேற்பட்ட எண்களின் உ. பொ. கா.வை இவ்வாறே காணலாம். 36, 60, 90 ஆகிய மூன்று எண்களின் உ. பொ. கா. 6 ஆகும்.

அதமப் பொதுமடங்கு. இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற்பட்ட எண்களால் வகுபடும் எண்களுள் மிகச் சிறிய எண் அவற்றின் அதமப் பொது மடங்கு (least common multiple) (அ. பொ. ம) எனப்படும். 6, 10, 15 எண்களின் அ. பொ. ம. 30 ஆகும்.

கலப்பெண்கள். ஒன்றைவிடப் பெரிய, ஆனால் பகா எண்ணாக இல்லாத எண்கள் அனைத்தும் கலப்பெண்கள் (composite numbers) ஆகும். சிக்கலெண் (complex number) என்பது ஒரு கலப்பெண்; i ஒரு கற்பனை எண்ணாகவும், a,b மெய்யெண்களாகவும் இருந்து (a + ib) என்ற அமைப்பில் உள்ள எண்கள் சிக்கல் எண்கள் என்று கூறப்படும். $i^2 = -1$ என்பதிலிருந்து $i = \sqrt{-1}$ ஆவதால் i ஒரு கற்பனை எண் ஆகும். b பூச்சியமானால், சிக்கலெண் a + ib மெய்யெண் aக்குச்சமம்: a + ib பூச்சியமானால் மெய்யெண்கள் இரண்டும் பூச்சியமாகும். சிக்கலெண்களிடையே கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல் ஆகியவற்றை எப்பொழுதும் செயல்படுத்தலாம்.

- பங்கஜம் கணேசன்

எண் கணிதம்

எண்கோட்பாட்டின் அடிப்படைக் கருத்துகளை விளக்கும் பகுதி எண் கணிதம் (arithmetic) எனப்படும். கிரேக்க மொழியில் அரித்தாம்ஸ் (arithmos) என்னும் சொல்லுக்கு எண் என்று பொருள். இதிலிருந்தே 'அரித்மேட்டிக்' என்ற சொல் உருவானது. இப்பகுதியைச் சில நேரங்களில் எண்களின் அறிவியல் என்றும் கூறுவர். பண்டைக்கால மக்கள் சமூக வாழ்க்கையில் ஈடுபட்டபோது எண்ணும் முறை அவர்களுக்குத் தேவைப்பட்டதால் எண் கணிதம் உருவானது.

பன்னிரெண்டாம் நூற்றாண்டைச் சார்ந்த எகிப்திய நூல் ஒன்றிலும், பாபிலோனியரின் அட்டவணையிலும் எண் கணிதம் பற்றிய குறிப்புகள் இடம் பெற்றுள்ளன. கிரேக்கர்கள் பயன்பாட்டு எண் கணிதத்தை விட எண்கோட்பாட்டில் பெரும் ஈடுபாடு கொண்டிருந்தனர். எண் கணிதக் கணக்குகளில் மிகுந்த ஈடுபாடு கொண்டவர்களில் பித்தாகோரஸ், யூக்லீடு, டையபான்ட்டஸ் போன்றவர்கள் குறிப்பிடத்தக்கவர்களாவார்கள்.

பாபிலோனியர்கள் களிமண் தட்டில் அறுபதின் எழுத்து முறையை ஆப்பு வடிவில் எழுதி விளக்கினர். எகிப்தியர்கள் மதகுருமார்களுக்குரிய எழுத்து வடிவைப் பயன்படுத்தி எண்மான அமைப்புகளை உருவாக்கினார்கள். எகிப்தியர், ரோமானியர், கிரேக்கர், பாபிலோனியர்களுக்கு, பின்னம் பெரும் சிக்கலாக இருந்தது. ஏறக்குறைய பூச்சியத்துடன் கூடிய தற்கால எண்முறையை ஒத்த தசம எண்முறையை அறிமுகப்படுத்திய பெருமை இந்தியரைச் சாரும்.

1478ஆம் ஆண்டு இத்தாலியில், எண்கணிதத்தின் முதல் அச்சு நூல் வெளியிடப்பட்டது. பிஷப் குத்பர்ட் டன்ஸ்ட்டால் என்பவரால் தே ஆர்டே சப்புடான்டி என்ற நூல் எண்கணிதத்தின் முதல் நூலாக இங்கிலாந்தில் வெளிவந்தது. ராபர்ட் ரெக்கார்டே என்பவரின் தி கிரௌண்ட் ஆப் ஆர்டேஸ் என்ற நூல் ஆங்கிலத்தில் பல பதிப்புகளாக வெளிவந்தது. இருபதாம் நூற்றாண்டில் எண்கணிதக் கோட்பாடுகள் மேலும் விரிவடையத் தொடங்கின. ஆனால் சராசரி மனிதர்கள் செய்முறை எண்கணிதத்திலேயே மிகுதியும் ஈடுபாடுகொண்டனர்.

எண்மானம். ஒரு பொருளின் மதிப்பை வெளிப்படுத்துவதற்குப் பயன்படும் உருவம் எண்மானம் (numerals) ஆகும். தொடக்க காலத்தில் பல்வேறு நாட்டினர் பல்வேறு முறைகளில் எண்மானக் குறிகளைப் பயன்படுத்தினர். பெரிய எண்களுக்கு உருவங்களைப் பயன்படுத்துவது மிகவும் கடினமாக இருந்தது. பாபிலோனிய, எகிப்திய, சீன, கிரேக்க, அரேபிய, இந்திய எண்மானங்கள் எண்மான அமைப்புகளில் முக்கியமானவையாகும். இவற்றில் இந்திய-அரேபிய அமைப்பே தற்போது உலகில் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

ரோமன் எண்கள் நூல்களில் உள்ள இயல்களுக்கு வரிசை எண்ணாகப் பயன்படுகின்றன. மற்ற எண்மான முறைகளும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தசம எண்முறையில் 0, 1, 2 ...... 9 என்ற பத்து எண்கள் 10ஐ அடிமானமாகக் கொண்ட எண்களாகும். இந்த எண்களைக் கொண்டு அடிப்படைச் செயல்முறைகளான கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல், அடுக்கேற்றம் (raising numbers to powers), வர்க்கமூலம் காணல் ஆகியவற்றை நிகழ்த்தலாம். இந்த அமைப்பில் உள்ள ஒவ்வோர் எண்ணும் வேறுபட்ட தோற்றமுடையதாகும். எடுத்துக்காட்டாக, தசம எண் முறையில் 333 என்ற எண்ணில் வலக்கோடியில் உள்ள எண் 3 ஒன்றுகளையும், மையத்தில் உள்ள எண் 3 பத்துகளையும், இடக் கோடியில் உள்ள எண் 3 நூறுகளையும் குறிக்கும். ஆனால் ரோமன் எண் முறையில் X X X என்ற எண்ணில் உள்ள ஒவ்வொரு X - இன் மதிப்பும் 10ஐக் குறிக்கிறது.

எண்சட்டத்தில் வெற்று நிரலுக்குப் பூச்சியத்தைப் பயன்படுத்தியது, கணித வரலாற்றில் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சியாகும். பூச்சியத்திற்கான குறி '0' எப்போது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது எனத் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆனால் இது முதன் முதலில், கி.பி 876 ஆம் ஆண்டு இந்தியக் கல்வெட்டில் பதிவாகியுள்ளது.

பின்னம். பொருள்களின் ஒரு பகுதி தாம் செய்த பணியின் அளவு போன்றவற்றைக் குறிப்பதற்குப் பண்டைக்கால மக்களுக்குப் பின்னம் (fraction) தேவைப்பட்டது. பின்னத்தில் கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள எண் தொகுதி (denominator) எனப்படும். இது முழுப்பகுதி எத்தனைச் சமபகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது என்பதைக் குறிக்கும். கோட்டிற்கு மேலே உள்ள எண் பகுதி (numerator) எனப்படும். இது சமமாகப் பிரிக்கப்பட்ட பகுதிகளில் தேவையான அளவைக் குறிக்கும். பகுதியைவிட தொகுதி மிகுதியாக இருந்தால் அது ஒரு தகு பின்னம் (proper fraction) ஆகும். குறைவாகவோ சமமாகவோ இருந்தால் அது தகாப்பின்னம் (improper fraction) ஆகும். வேத இலக்கியத்தில் 1/2. 1/4, 1/8, 1/16, போன்ற பின்னங்கள் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. மேலும் பாபிலோனியர்கள் தங்களுடைய களிமண்தட்டில் 2/2, 2/18, 4/10, 5/7 போன்ற பின்னங்களைச் சில சிறப்புக் குறிகளால் குறிப்பிட்டிருந்தனர்.

ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த இயைபுடையது. பழங்காலத்தில் கணங்களின் (set) அளவு, குவியல்களின் எண்ணிக்கை குழுக்களின் உறுப்புகள் போன்றவற்றைக் குறிப்ப தற்கு ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த இயைபுடைய (one - to - one correspondence) முறையைப் பின்பற்றினர். எடுத்துக்காட்டாக, பண்டைக் காலத் தில் ஆடு மேய்ப்பவர்கள் ஆட்டுக் கொட்டிலில் அடைத்து வைத்திருந்த தங்களுடைய ஆடு களை மேய விடும்போது ஒவ்வோர் ஆட்டிற்கும் ஒரு கல் வீதம் கற்களைக் குவியலாகச் சேர்த்து வைத்திருப்பார்கள். ஆடுகள் மேய்ந்தபின் மீண்டும் மாலை நேரத்தில் கொட்டிலில் நுழையும்போது ஒவ்வோர் ஆட்டிற்கும் ஒரு கல்லாகக் குவியலி லிருந்து எடுத்துவிடுவார்கள். ஆட்டிற்கும் குவியலில் உள்ள கற்களுக்கும் எண்ணிக்கை சரியாக இருந்தால் ஆடுகள் அனைத்தும் திரும்பிவிட்டன என்றும் கல் எஞ்சி இருந்தால், எத்தனைக் கற்கள் இருக்கின்ற னவோ அத்தனை ஆடுகள் வரவில்லை என்றும் உணர்ந்தனர். இக்கருத்தின் விரிவாக்கமே ஒத்த இயைபுடையது என இன்று குறிப்பிடப்படுகிறது.

அடிப்படைச் செயல்முறை: எண்கணிதத்தில் உள்ள 4 அடிப்படைச் செயல்முறைகளில், கூட்டல், கழித் தல், பெருக்கல், வகுத்தல் ஆகியவை அடங்கும்.

கூட்டல். $n_1 + n_2 = n_3$ என்றால் n_3 என்ற எண் n_1, n_2 ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை (sum) ஆகும். n_1, n_2 கூட்டப்பட வேண்டிய (summands) உறுப்புகள் ஆகும். இக்கூட்டுத் தொகையை உரு வாக்கும் செயல்முறையே கூட்டல் எனப்படும். இதற்கான குறி '+' எனக் குறிக்கப்படுகிறது. பண்டைக்கால இந்தியர்களின் கணிதம் தொடர்பான ஆய்வில், கூட்டல் மிகவும் எளிமையானதால், அதற் காக மிகுதியான நேரம் ஒதுக்கவில்லை. பாஸ்கரா II- என்பவரின் லீலாவதி என்ற நூலில் தெளிவாகக் கூட்டல், கழித்தல் பற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளது.

பெருக்கல். மேலே கூறியதிலிருந்து ஒரே எண்ணை அதாவது $7 + 7 + 7 + 7 = 28$ போன்று பலமுறை எழுதிக் கூட்டுவதற்குப் பதிலாக, $4 \times 7 = 28$ என்று எழுதுவது பெருக்கல் எனப்படும். இதில் பயன் படுத்தும் செயல்முறை '×' எனக் குறிப்பிடப்படும், மேலும் எண்களுக்குப் பதிலாக a,b என்ற எழுத்து களைப் பயன்படுத்திய பெருக்கல் $a \times b$- என்று எழுதுவதைப் பெரும்பாலும் a.b அல்லது ab என எழுதுவார்கள்.

கழித்தல். a,b என்ற இரு எண்களுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடு a-b என்பது a இலிருந்து b-ஐக் கழிப்பதால் கிடைப்பதாகும். இதை $b+x=a$ என்ற சமன்பாட்டின் தீர்வு எனவும் வரையறை செய்யலாம்.

வகுத்தல். இது இரண்டு காரணிகளையுடைய பெருக்கலில், பெருக்கலின் மதிப்பையும் ஒரு காரணி யையும் கொண்டு மற்றொரு காரணியைக் காண்ப தாகும். இது ஓர் எண்ணில் மற்றோர் எண் எத்தனை மடங்கு உள்ளது என்பதைக் காணும் நிகழ்ச்சியாகும். வகுக்கும் முறை இந்திய அறிஞர்களான மகாவீரா, ஆரியபட்டா-II, பாஸ்கரா-II, ஸ்ரீதரா, நாராயணா போன்றவர்களால் உருவாக்கப்பட்டது. இந்நான்கு அடிப்படைச் செயல்முறைகளைத் தவிர வேறு சில முறைகளும் எளிமையாகக் கையாளப்படுகின்றன.

அடுக்கு ஏற்றம். ஒரே எண்ணை k முறை கூட்டு வதை, அதாவது $a+a+a+\ldots+a$ என்ற கூட்டுத் தொகையை ka என்று எழுதுவதுபோல ஒரே எண்ணை k முறை பெருக்குவதை, $a \times a \times a \ldots \times a$ என்று எழுதுவதை a^k என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். இது அடுக்கு (power) என்று கூறப்படும். இங்கு k என்பது a இன் அடுக்குக்குறி ஆகும். இவ்வரையறையி லிருந்து m, n மிகைமுழு எண்களாக இருக்கும்போது $a^m a^n = a^{m+n}$, $(a^m)^n = (a^n)^m = a^{mn}$, $a^m b^m = (ab)^m$ என எளிதில் அறிந்து கொள்ளலாம்.

மூலம்: $n=a^k$ எனில் a என்பது n இன் k ஆம் மூலம் எனப்படும். இம்முறை மூலம் காணல் என்பதாகும்.

வகுஎண் கோட்பாடு (division theory). முழு எண்களுடன் கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல் போன்ற செயல்முறைகளைப் பயன்படுத்தும்போது மீண்டும் முழு எண்களே கிடைக்கும். ஆனால் வகுத்தல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டபின் இத்தன்மை மாறு பட்டது. வகுக்கும்போது கிடைக்கும் முடிவு ஈவு அல்லது பின்னம் எனப்படும். a, b, c என்ற மூன்று நேர்ம எண்களை (positive numbers) a b=c என்று தொடர்புபடுத்தினால் a, b ஆகியவை c இன் காரணிகள் அல்லது வகுக்கும் எண்கள் எனப்படும். ஒவ்வொரு நேர்ம முழு எண்ணுக்கும் '1' வகுஎண் (divisor) ஆகும். C-ஐ 1ஐ விடப் பெரிய முழு எண் களாலான a,b ஆக விரிவுபடுத்த முடியுமானால் C ஒரு கலப்பு எண் (composite number) ஆகும். ஒரு நேர்ம முழு எண் '1' ஆக இல்லாமலும், கலவை எண்ணாக இல்லாமலும் இருந்தால் அது பகா எண் (prime number) எனப்படும். பகா எண் என்பது ஒன்றையும் அந்த எண்ணையும் தவிர வேறு எந்த எண்ணாலும் வகுபடாது.

- பெ. வடிவேல்

எண் கோட்பாடு

எண்களைப் பற்றிய அடிப்படைப் பண்புகள், தன்மை கள் அவற்றிடையே உள்ள ஒருமைத் தன்மைகள்

முதலியன பற்றிய கோட்பாட்டினை உள்ளடக்கியதே எண் கோட்பாடு (number theory) ஆகும். எண் கோட்பாடு மிகவும் விரிந்து பரந்த எண்ணியல் ஆகும். இதைப் பற்றி முழுமையாகத் தெளிவாக்குவது எளிதன்று.

2ஐ வகு எண்ணாகக் கொண்ட எல்லா முழு எண்களும் இரட்டை எண்களென்றும், 2ஆல் வகுக்க மீதி 1ஐக் கொடுக்கும் எண்கள் ஒற்றை எண்கள் எனவும் வரையறுக்கப்படுகின்றன,

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மிகை முழு எண்களைப் பகா எண்கள் (prime numbers) என்றும், கலப்பு எண்கள் அல்லது பகுநிலை எண்கள் (composite numbers) என்றும் இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். ஓர் எண்ணுக்கு ஒன்றும் அவ்வெண்ணும் வகு எண்களாக இருந்தால் அவ்வெண் பகா எண் என்றும், இரண்டிற்கு மேற்பட்ட வகு எண்கள் இருந்தால் அவ்வெண் பகு எண் என்றும் வரையறுக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டாக 19 இன் இரண்டு வகு எண்கள் 1, 19. எனவே, 19 ஒரு பகா எண். எந்த ஒரு பகு எண்ணையும் வேறு இரண்டு முழு எண்களின் பெருக்கற் பலனாக எழுத முடியும்.

இரண்டு எண்களுக்கு ஒன்றைத்தவிர வேறு பொது வகுஎண் இல்லாவிடில் அவ்வெண்கள் சார் பகா எண்கள் (relatively prime numbers) எனப்படும்.

பகா எண்களின் எண்ணிக்கை கணக்கிலடங்காது. பொதுவாக எண்கள் என்றால் முழு எண்கள் என்றே கொள்ளவேண்டும். a,b என்ற இரு எண்களின் பொது வகு எண்களில் மிகப் பெரிய வகு எண்ணை மீப்பெரு பொதுவகு எண் (மீ.பொ.வ) என்றும், அவ்விரு எண்களின் பொது மடங்குகளில் மிகச் சிறிய பொது மடங்கை மீச்சிறு பொது மடங்கு (மீ.சி.ம) என்றும் கூறுவர். இரண்டு எண்கள் சார்பகா எண்களாயிருந்தால், அவ்வெண்களின் பெருக்குத் தொகையே அவற்றின் மீச்சிறு பொது மடங்கு ஆகும். இரண்டு எண்களின் பெருக்கற்பலன் அவ்வெண்களின் மீப்பெரு பொது வகு எண் மற்றும் மீச்சிறு பொது மடங்கு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனுக்குச் சமம். a, b என்ற எண்களின் மீப்பெரு பொது வகு எண்ணை (a,b) என்றும், மீச்சிறு பொது மடங்கை $<a, b>$ என்றும் குறிப்பது வழக்கம். இவை ஒருமைத் தன்மை உடையன.

எனவே, $$< a,b > = \frac{ab}{(a,b)}$$

மேலும் $a \mid < a,b >$; $b \mid < ab >$

a/m, b/m எனில், $< a,b > / m$

இங்கே x/y என்ற குறியீடு x என்பது y இன் ஒரு வகு எண் என்பதைக் குறிக்கும்.

பகாஎண் காணும் முறை. இரட்டாஸ்தனிஸ் என்பார் (276-194 கி.மு) ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணுக்குக் குறைந்த அனைத்துப் பகா எண்களையும் காணும் சல்லடை முறையைக் கண்டுபிடித்துள்ளார். எடுத்துக்காட்டாக, 1-50 வரையுள்ள பகா எண்களைக் காண 1-50 வரை கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளதைப் போல் எண்களை எழுதிக் கொள்ளலாம்.

1	(2)	(3)	4	(5)	6	(7)	8	9	10
(11)	12	(13)	14	15	16	(17)	18	(19)	20
21	22	(23)	24	25	26	27	28	(29)	30
(31)	32	33	34	35	36	(37)	38	39	40
(41)	42	(43)	44	45	46	(47)	48	49	50

1 பகா எண் அன்று. (சிலர் 1 பகா எண் என்று வரையறை செய்வதும் உண்டு) 2 பகா எண் (2 இரட்டை எண் என்பதைக் கவனிக்க). இரண்டைச் சுற்றி வட்டமிட்டு 2ஐத்தவிர அதன் மடங்குகளை நீக்கி விடலாம் அடுத்துவரும் பகா எண் 3. 3ஐச் சுற்றி வட்டமிட்டு 3ஐத் தவிர அதன் மடங்குகளை நீக்கலாம். அடுத்து வரும் பகா எண் 5. அதைச் சுற்றிச் வட்டமிட்டு. 5ஐத் தவிர அதன் மடங்குகளை நீக்கி விடலாம். இவ்வாறே, ஒவ்வொரு பகா எண்ணுக்கும் வட்டமிட்டு, அவற்றில் அதன் மடங்குகளை நீக்கி விடலாம். எனவே, 50க்குக் கீழுள்ள பகா எண்கள் 2, 3, 5, 7, 11, 13,17, 19, 23, 29, 31, 41, 43, 47 ஆகும். (சிலர் 1ஐயும் சேர்த்து எழுதுவதுண்டு). மேற்கண்டவற்றில் இருந்து, 2ஐத்தவிர ஏனைய இரட்டை எண்கள் பகா எண்கள் அல்ல என்றும், 5ஐத் தவிர எந்தப் பகா எண்ணும் 5இல் முடிவது இல்லை என்றும் அறியலாம்.

அமைப்பு. $ax+by$ என்ற ஒருபடிப் பல்லுறுப்புக் கோவையில் a,b என்பன முழு எண் மாறிலிகள்; x,y என்பன முழு எண்களின் மதிப்பை ஏற்கும் மாறிலிகள். x,y களின் மதிப்பு மாற மாற $ax+by$ என்ற கோவையின் மதிப்பும் மாறும். இம் மதிப்புகளை ஒரு கணமாகக் கொண்டு அதை S என்று பெயரிட்டால், பின்வரும் சில உண்மைகள் புலனாகும்.

a,b என்பன இரண்டும் ஒரே சமயத்தில் பூச்சியம் இல்லாவிடில் Sஇல் உள்ள மிகச்சிறிய இயல் எண், Sஇன் மீப்பெரு பொது வகு எண்ணாகும். a,bக்களின் மீப்பெரு பொது வகு எண் d என்று கொண்டால், d என்பது Sஇன் மீப்பெரு பொது வகு எண்ணாகும். dஇன் எல்லா மடங்குகளும் Sஇல் உள்ளன.

a,b,m என்பன மூன்று எண்களாயிருந்து, m ஆனது ab ஐ மீதியின்றி வகுத்து $(m,a)=1$ எனில், m என்பது b ஐ மீதியின்றி வகுக்கும்.

[$(m,a) = 1$ என்பது m,a சார்பகா எண்கள் என்றும் பொருள்தரும்]. (m,a) 1, $(m,b) = 1$ எனில் $(m,ab) = 1$ ஆகும். $(a,b) = d$ எனில் $ax+by=d$ என்பது உண்மையாகுமாறு x,y உள்ளன.

$(a,b) = 1$ எனில் $ax + by = 1$ என்ற சமன்பாட்டிற்குத் தீர்வுகள் உண்டு.

குறிப்பாகப் பகா எண்களை மட்டும் குறிக்கும் வாய்பாடு ஒன்றும் இல்லை. ஆனால், சில குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்குள் அவ்வாறான வாய்பாடுகள் உள. எடுத்துக்காட்டாக.

$n < 40$ எனில் n^2+n+41 ஒரு பகா எண் (ஆய்லர்)

$n < 16$ எனில் n^2+n+17 ஒரு பகா எண் (பார்லோ)

$n < 29$ எனில் $2n^2+29$ ஒரு பகா எண் (பார்லோ)

$n < 80$ எனில் $n^2 - 79n + 1601$ ஒரு பகா எண்

$n < 5$ எனில் $2^{2^n} + 1$ ஒரு பகா எண்

எந்த ஒரு பகு எண்ணையும் பகா எண்களின் பெருக்கற் பலனாக ஒரே ஒரு முறையில்தான் எழுத முடியும். N என்பது ஓர் இயல் எண்ணானால், N க்கு மேற்படாத பகா எண்களின் எண்ணிக்கையை $\pi(N)$ என்று குறிப்பிடுவது உண்டு. ஒவ்வொரு பகு எண்ணையும் ஒருமைத்தன்மையாகப் பகா எண்களின் அடுக்குகளில் எழுதலாம். அதாவது,

$N = p^a q^b r^c \ldots s^k$ என்று எழுதலாம் என்றும், அப்போது p, q, r, ... s என்பன பகா எண்கள் என்றும் a, b ... k என்பன இயல் எண்கள் என்றும் அறியலாம். N ஐ மீதியின்றி வகுக்கக்கூடிய எண்களின் எண்ணிக்கை $(a+1)(b+1)(c+1)\ldots(k+1)$ ஆகும். இந்த எண்ணிக்கையில் ஒன்றும், N ம், N ஐ மீதியின்றி வகுக்கக்கூடிய எண்களாகக் கணக்கிடப் பட்டுள்ளன. தொடர்ச்சியான n இயல் எண்களின் பெருக்கற் பலன் n! ஆல் வகுபடும் (எண்களை ஏறு வரிசையில் எழுதும்போது).

நிறை எண். N ஐ வகுக்கும் எண்களில், N ஐத் தவிர மீதி எண்களைக் கூட்டினால் வரும் தொகை N க்குச் சமம் ஆனால் அது ஒரு நிறை எண் (perfect number) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, 6 இன் வகு எண்கள் 1, 2, 3, 6 ஆகும். 6 ஐத்தவிர மற்ற வகு எண்களின் கூட்டுத்தொகை $1 + 2 + 3 = 6$. எனவே, 6 ஒரு நிறையெண்ணாகும்.

ஆய்லரின் சார்பு. N என்பது ஓர் இயல் எண். N ஐ விடச் சிறிய இயல் எண்ணாகவும் N க்குச் சார்பகா எண்ணாகவும் உள்ள எல்லா எண்களின் எண்ணிக்கை $\phi(N)$ என்று குறிப்பிடப்படும். $\phi(N)$ ஆய்லரின் சார்பு (Euler's function) எனப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக,

$$\phi(2) = 1, \quad \phi(6) = 2$$

1. $N = p^a q^b r^c \ldots \ldots s^k$ என்று, பகா எண்கள் p, q, r, ... s இவற்றின் அடுக்காக எழுதும்போது

$$\phi(N) = N\left(1-\frac{1}{p}\right)\left(1-\frac{1}{q}\right)\ldots \text{ ஆகும்.}$$

2. a, b என்பன சார்பகா எண்களானால்,

$\phi(ab) = \phi(a)\,\phi(b)$ ஆகும்.

3. p என்பது பகா எண், r என்பது இயல்எண் என்றால்

$$\phi(p) = p^r\left(1-\frac{1}{p}\right)$$

4. Nக்குக்குறைவான, ஆனால் Nக்குச் சார்பகா எண்ணாக உள்ள எல்லா எண்களின் கூட்டுத்தொகை $\frac{N}{2}\phi(N)$ ஆகும்.

5. $d_1, d_2, \ldots\ldots d_r$ என்பன N இன் எல்லா வகு எண்கள் (1, உட்பட) ஆனால்,

$\phi(d_1) + \phi(d_2) + \ldots\ldots\ldots + \phi(d_r) = N$ ஆகும்.

முழுமைப்பகுதி. x என்பது எந்த ஓர் எண்ணாயிருந்தாலும், அதை x = முழுமைப்பகுதி (integral part) + மிகைத் தகுபின்னப்பகுதி என்று எழுதலாம்.

x- இன் முழுமைப்பகுதியை [x] என்று குறிப்பிடுவர். எடுத்துக்காட்டாக,

$$[4.5] = 4, \left[\frac{2}{13}\right] = 0, \left[\sqrt{3}\right] = 1, \left[-\sqrt{2}\right] = -2$$

மேலும்,

$$[x] < x < [x] + 1$$

$[x+a] = [x] + [a]$, (a என்பது முழு எண் ஆனால்),

$$[x + y] \geq [x] + [y]$$

என்பன வெளிப்படையான உண்மைகள்.

p என்பது ஒரு பகா எண்ணாயிருந்து, n என்பது ஏதாவது ஓர் இயல் எண் ஆனால், $n < p$ ஆக இருக்கும்போது n! ஐ p யோ, p இன் அடுக்கோ வகுக்க முடியாது. ஆனால் $n > p$ எனில் k என்பது மிகச் சிறிய இயல் எண்ணாயிருந்து, $\frac{n}{p^k} = o$ என்று இருக்குமானால் n! ஐ மீதியின்றி வகுக்கும் p இன் மீப்பெரு அடுக்கு,

$$\left[\frac{n}{p}\right] + \left[\frac{n}{p^2}\right] + \left[\frac{n}{p^3}\right] + \dots + \left[\frac{n}{p^{k-1}}\right] \text{ ஆகும்.}$$

எடுத்துக்காட்டாக,

1000! ஐ மீதியின்றி 3^m வகுக்குமானால் m இன் மீப்பெரு மதிப்பு =

$$\left[\frac{1000}{3}\right] + \left[\frac{1000}{3^2}\right] + \dots + \left[\frac{1000}{3^6}\right] = 165$$

எனவே, *1000*ஐ மீதியின்றி வகுக்கும் *3*இன் மீப்பெரு அடுக்கு அல்லது படி *165* ஆகும்.

கூட்டுத் தொடர் *1,3,5......... (2^n—1)* என்ற கந்தழித் தொடர்முறை ஒரு கூட்டுத் தொடர் (arithmetic progression) முறை ஆகும். இத்தொடர் முறையில் எண்ணற்ற பகா எண்கள் உள. அவ்வாறே

$$K_n + h, \quad n = o, 1, 2 \qquad (1)$$

என்ற எண்ணைப் பொது உறுப்பாகக் கொண்ட தொடர்முறை, கூட்டுத் தொடர்முறையாகும். $(h,K) = d > 1$ எனில் மேற்குறித்த கூட்டுத் தொடர் முறையில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பகா எண் இல்லை. ஆனால், $(h,K) = 1$ எனில், கூட்டுத் தொடர்முறை (1) இல் எண்ணற்ற பகா எண்கள் உள்ளன என்று டிரிஷ்ஷிலெட் (Drichlet) என்னும் கணித அறிஞர் கண்டறிந்தார். அம்மேதையின் கூற்றே டிரிஷ்ஷி லெட்டின் தேற்றமாகும்.

பகா எண்கள் எண்ணிலடங்கா என்ற ஆய்லரின் கூற்றுக்கு ஒத்த கூற்றை (1) இல் கண்ட கூட்டுத் தொடர் முறைக்கும் டிரிஷ்ஷிலெட் கண்டறிந்தார்.

குறிப்பாக, கூட்டுத்தொடர்முறை. (1) இல், $K=4$, $h=-1$ என்று பிரதியிட, அத்தொடர் முறையின் பொது உறுப்பு $G_n = 4n-1$ என்று அமையும்.

$G_n = 4n-1$ என்ற பொது உறுப்பு அமைந்தால், அத்தொடர்முறையில் எண்ணிலடங்காப் பகா எண்கள் உள.

அவ்வாறே $G_n = 4n+1$ என்ற பொது உறுப்பு அமைந்தால் அத்தொடர்முறையில் எண்ணிலடங்காப் பகா எண்கள் உள்ளன. K,h என்பனவற்றிற்கு வேறுமதிப்புகள் பிரதியிட்டு, தொடர்முறையை மாற்றி மேற்கண்ட, 'பகா எண்கள் எண்ணிலடங்கா' என்ற கருத்தை வெளியிடலாம்.

சர்வசமம் அல்லது ஒருங்கிசைவு வரையறை. காஸ் (*1777-1855*) என்பார் எண்களின் சர்வசமம் (congruence) அல்லது ஒருங்கிசைவு பற்றி வரையறை செய்தார். m என்ற எண்ணால் a,b என்ற எண்களை வகுக்கும்போது கிடைக்கும் மீதி சமமாயின், m என்ற மட்டுக்கு a,b என்ற இரு எண்களும் சர்வசமம் உடையன அல்லது ஒருங்கிசைவு உடையன என்று வரையறை செய்யப்படுகிறது.

அதாவது, a,b என்பன இரு இயல் எண்களாயிருந்து a - b ஐ m ($\neq o$) மீதியின்றி வகுக்குமானால் மட்டு m க்கு a,b சர்வசமம் உடையன. இதையே,

$a \equiv b$ (மட்டு m) என்று எழுதுவது வழக்கம்.

எடுத்துக்காட்டாக $8 \equiv 5$ (மட்டு 3), $11 \equiv 26$ (மட்டு 5)

சர்வ சமம் பற்றிய சில அடிப்படைப் பண்புகள்

a, b, c, m என்பன இயல் எண்கள் எனில்,

1. $a \equiv a$ (மட்டு m)
2. $a \equiv b$ (மட்டு m) எனில் $b \equiv a$ (மட்டு m)
3. $a \equiv b$ (மட்டு m), $c \equiv d$ (மட்டு m) எனில்

$a \pm c \equiv b \pm d$ (மட்டு m)

$ac \equiv bd$ (மட்டு m)

$a^n \equiv b^n$ (மட்டு m) (n ஒரு இயல் எண்)

4. a, m இரு சார் பகா எண்களானால்,

$ax \equiv 1$ (மட்டு m) என்ற சர்வசமத்திற்கு x - இன் தீர்வு (மட்டு m) ஒன்றே ஒன்றுதான் உள்ளது. மேலும், அத்தீர்வும், m ம் சார்பகா எண்களாகும்.

5. $ax \equiv b$ (மட்டு m) எனில், x இன் தீர்வு (மட்டு m) ஒன்றே ஒன்றுதான். மேலும் அத்தீர்வும், m ம் சார்பகா எண்களாகும்.

6. $(a,m) = d$ எனில் $ax \equiv b$ (மட்டு m) என்ற சர்வ சமத்திற்குத் தீர்வு இருக்க வேண்டுமானால் d என்பது b ஐ மீதியின்றி வகுக்கவேண்டும். இந் நிபந்தனை தேவையானதும் போதுமானதும் ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டாக

$15x \equiv 12$ (மட்டு 36) என்ற சர்வசமத்தில் x இன் தீர்வு காண, $(15,36) \equiv 3$ மேலும் 12ஐ 3 வகுக்கிறது. எனவே, சர்வசமத்தைச் சுருக்கி,

$5x \equiv 4$ (மட்டு 12) என எழுதலாம். இதற்கு

$x \equiv 8$ (மட்டு 12) என்பது ஒரு தீர்வாகும்.

எனவே, $15x \equiv 12$ (மட்டு 36) க்குத் தீர்வுகள்.

$x \equiv 8, 20, 32$ (மட்டு 36) ஆகும்.

கணிதமேதை ஃபெர்மாட் (Fermat - 1601-1665) இவை குறித்துக் கண்டுபிடித்த தேற்றங்கள் மிகவும் பயனுள்ளவை.

ஃபெர்மாட்டின் தேற்றம். p என்பது ஒரு பகா எண்; a,p என்பன சார்பகா எண்கள் எனில், $|a^{p-1}-1|$ என்பது p ஆல் மீதியின்றி வகுபடும்.

அதாவது, $a^{p-1} \equiv 1$ (மட்டு p)

எடுத்துக்காட்டாக, $p=7$, $a=10$ எனில்

$10^6 \equiv 1$ (மட்டு 7) என்ற உண்மை புலப்படும். **ஆய்லர் பொதுமையாக்கிய ஃபெர்மாட்டின் தேற்றம்.** n என்பது ஓர் இயல்எண், a,n சார்பகா எண்கள் என்றால், $a^{\varnothing(n)} \equiv 1$ (மட்டு n) என்பது உண்மையாகும்.

வில்சன் தேற்றம். p என்பது ஒரு பகா எண் ஆனால், $(p-1)! + 1$ என்பது p ஆல் மீதியின்றி வகுபடும்.

அதாவது $(p-1)! + 1 \equiv 0$ (மட்டு p)

எடுத்துக்காட்டாக, $p = 23$ எனில்

$22! + 1 = 0$ (மட்டு 23)

வில்சனின் பொதுமைப்படுத்திய தேற்றத்தைப் பின் வருமாறு கூறலாம்.

p ஒரு பகா எண்; $r < p$ எனில்

$(p-r)!\,(r-1)! + (-1)^{r-1} \equiv 0$ (மட்டு p)

குறிப்பாக, $r-1 = p-r$ என்று ஆகும்போது,

$(r-1) = p-r = \frac{1}{2}(p-1)$ எனவே,

$$\left\{\tfrac{1}{2}(p-1)\right\}!\left\{\tfrac{1}{2}(p-1)\right\}! + (-1)^{\frac{1}{2}(p-1)} \equiv 0 \text{ (மட்டு p)}$$

டையாபாண்ட்ஸின் சமன்பாடு. கிரேக்க நாட்டுக் கணிதமேதை டையாபாண்ட்ஸ் சில இயற்கணிதச் சமன்பாட்டின் முழுத் தீர்வுகளைக் காண முனைந்து அதில் பெருமளவு வெற்றியும் பெற்றார்.

a, b, c என்பன கொடுக்கப்பட்ட மாறிலிகளானால், $ax + by = c$ என்ற இயற்கணிதச் சமன்பாட்டில் x, y களின் முழுத் தீர்வுகள் காண அவர் அரும்பாடுபட்டு வெற்றி கண்டார். அவ்வாறே, $x^2+y^2 = z^2$ என்ற சமன்பாட்டில் x, y, z களின் முழு எண் தீர்வுகளைக் காண முயன்றார்.

எடுத்துக்காட்டாக, $3^2+4^2=5^2$, $5^2+12^2=13^2$ $x^2+y^2=z^2$ என்ற சமன்பாட்டிற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட தீர்வு காண்பதைவிட $(x=3, y=4, z=5)$ ஒரு பொதுவான இயற்கணித வாய்பாடு காணவே முயன்றார். அங்ஙனமே ஃபெர்மாட்டின் சமன்பாடு என்று சொல்லப்படுகிற டையாபாண்ட்ஸின் சமன்பாடு $x^n+y^n=z^n$க்கு $n \geqslant 3$ என்று இருந்தால். பூச்சியமல்லாத முழு எண் தீர்வுகள் உண்டா, இல்லையா என்பதை இதுவரை எவராலும் நிறுவ முடியவில்லை.

டையாபாண்ட்ஸின் தோராயத்தில் ஓர் எடுத்துக்காட்டு. x என்பது கொடுக்கப்பட்ட ஒரு மெய்யெண் N என்பது கொடுக்கப்பட்ட இயல் எண். $q \leqslant N$ என்றும் $\left|x - \frac{p}{q}\right|$ மீச்சிறு மதிப்பாகவும் இருக்கும் படியாக $\frac{p}{q}$ என்ற விகிதமுறு எண் எதுவென்று காண்பதை டையாபாண்ட்ஸின் தோராயத்தில் ஓர் எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்ளலாம்.

டையாபாண்ட்ஸின் இருமாறிகளில் ஒருபடிச்சமன்பாடு. $ax + by = c$ என்ற இருமாறி ஒருபடிச் சமன்பாட்டில் (x, y மாறிகள்) a, b, c என்பன கொடுக்கப்பட்ட முழு எண்கள். இச்சமன்பாட்டில் x, y களுக்கு முழு எண் தீர்வுகள் இருக்க வேண்டுமானால், $d = (a, b)$ (மீ. பொ. வ.) c ஐ மீதியின்று வகுக்க வேண்டும். மேலும், இந்நிபந்தனை தேவையானதும், போதுமானதும் ஆகும். x, y என்ற மாறிகளுக்கு ஒரு தீர்வு இருந்தால், அவற்றிற்கு எண்ணிலடங்காத் (கந்தழி) தீர்வுகள் உண்டு. அவற்றின் மதிப்பு $x = x_0 + \frac{b}{d}t$; $y = y_0 - \frac{a}{d}t$ என்ற பொது அமைப்பில் அமையும்.

$ax + by = c$ என்பதில் $(a,b) = 1$ என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம், அவ்வாறு இல்லாவிடில் $d = (a,b)$ என்பதால் வகுத்து தேவைக்குத் தகுந்தபடி சமன்பாட்டை எழுத முடியும்.

$1 < |a| < |b|$ என்றும் எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$$b = q_1 a + r_1, \quad 0 < r_1 < |a|$$

$$c = q_2 a + r_2, \quad 0 < r_2 < |a|$$

என்று எழுதலாம். எனவே, $ax+by=c$ என்பது

$ax + (q_1 a + r_1)y = (q_2 a + r_2)$ என மாறும்.

(x,y) களுக்குத் தீர்வுகள் இருந்தால், $r_1 y - r_2$ என்பது aஇன் மடங்காகும். அதாவது $r_1 y + az = r_2$. r_1 ஆனது r_2ஐ மீதியின்றி வகுக்குமானால், $(r_1 / r_2) z = 0$, $y = \frac{r_2}{r_1}$ = முழு எண் என்பது ஒரு தீர்வாகும். எனவே, y இன் மதிப்பைக் கொடுத்த சமன்பாட்டில் பிரதியிட, x இன் மதிப்பு கிடைக்கும்.

r_1 ஆனது r_2 ஐ மீதியின்றி வகுக்கவில்லை யானால், $(r_1 \not| r_2)$

$r_1 y + az = r_2$ என்ற சமன்பாட்டில் y,z இவற்றை மாறிகளாக எடுத்துக்கொண்டு மீண்டும் கணக்கிடவேண்டும்.

$$a = q_3 r_1 + r_3, \quad 0 < r_3 < r_1$$

$$r_2 = q_4 r_1 + r_4, \quad 0 < r_4 < r_1$$

எனில்

$$r_1 y = r_2 - a_z$$

$$= (q_4 r_1 + r_4) - (q_3 r_1 + r_3) z$$

எனவே, $r_3 z + r_1 \omega = r_4$

இவ்வாறாக, $|a| > r_1 > r_3 > - - - - > r_{2k-1} > 0$ என்று சமமின்மைத் தொடர் காணலாம். இம்முறை நீடிக்க, ஏதாவது ஒரு சமயத்தில் r_{2k-1} ஆனது r_{2k}ஐ மீதியின்றி வகுத்தே ஆக வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக,

$r_{2s-1} u + r_{2s-3} v = r_{2s}$ என இருக்கும்போது $r_{2s-1} | r_{2s}$ என்றால், $v = 0$, $u = \frac{r_{2s}}{r_{2s-1}}$ முழு எண் எனக் கொண்டு, பின் நோக்கிப் பிரதியிட்டு, x, y களின் மதிப்பைக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக,

$$69x + 111y = 9000 \ldots \ldots \quad (1)$$

என்ற டையாபாண்ட்ஸின் இருமாறி ஒருபடிச் சமன்பாட்டின் முழு எண் தீர்வு காணலாம்.

$(69, 111) = 3$; எனவே, 3ஆல் சமன்பாட்டை வகுக்க,

$$23x + 37y = 3000 \ldots \ldots \quad (2)$$

என்று ஆகிறது.

$23 < 37$; $23 \not| 3000$ எனவே

$23x + (23 + 14)y = 130 \times 23 + 10$

ஆகையால், $14y + 23z = 10 \ldots (3)$

$14 < 23$, $14 \not| 10$ எனவே

$14y + (14 + 9)z = 10$

ஆகையால் $9z + 14w = 10 \ldots (4)$

$9 < 14$, $9 \not| 10$, எனவே

$9z + (9 + 5)w = 9 + 1$

ஆகையால் $5w + 9v = 1 \ldots (5)$

$5 < 9$, $5 \not| 1$ எனவே

$5w + (5 + 4)v = 1$

ஆகையால் $4v + 5s = 1 \ldots (6)$

$4 < 5$, $4 \not| 1$ எனவே

$4v + (4 + 1)s = 1$

ஆகையால் $1s + 4t = 1$

இப்போது 1/1 எனவே,

$t = 0$, $s = 1$ என்று கொண்டு

சமன்பாடுகள் (6), (5), (4), (3), (2) இவற்றிலிருந்து $v=-1$ $\omega=2$, $z=-2$, $y=4$, $x=124$ என அனைத்து மாறிகளின் மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன. எனவே,

$$x = x_0 + \frac{b}{d} k = 124 + 37k.$$

$$y = y_0 - \frac{a}{d} k = 4 - 23k.$$

என்பன x, y இவற்றின் பொதுத் தீர்வுகள் ஆகும்.

k-க்கு வெவ்வேறு முழுஎண் மதிப்புகள் கொடுக்க x,y இவற்றின் எண்ணற்ற முழுஎண் மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன. இவ்வாறே, மூன்று மாறிகளில் ஒருபடிச் சமன்பாடு $a_1 x + a_2 y + a_3 z = m$ என்று எடுத்துக் கொண்டால் $d = (a_1, a_2, a_3)$ எனில், d என்ற மீப்பெரு வகுஎண் m ஐ மீதியின்றி வகுத்தாலொழிய இந்த டையாபாண்ட்ஸின் சமன்பாட்டிற்கு முழு எண் தீர்வுகள் இல்லை. d என்பது m ஐ மீதியின்றி வகுக்குமானால், மேற்கண்ட முறையையே பயன்படுத்தித்

தீர்வுகள் காணலாம். ஒருங்கமைந்த இரு சமன்பாடு களாயினும் தீர்வு காண முடியும்.

இந்தியக் கணித அறிஞர் இராமனுஜத்தின் எண் கோட்பாட்டையும், அவரது அரிய படைப்புகளையும், எண்கணித வளர்ச்சிக்கு அவர் ஆற்றிய தொண்டை யும் அனைவரும் அறிவர். முறைப்படி உயர் கணிதம் கற்று அவர் ஆய்வு நடத்தவில்லை என்றா லும் அவருடைய உள்ளுணர்வால் உந்தப்பட்ட எண் கோட்பாட்டில் அவரின் கண்டுபிடிப்புகள் பல. இருப்பினும் ஓரிரு எடுத்துக்காட்டுகளை இங்கு குறிப் பிடலாம்.

அடர் பகுஎண்கள். இயல் எண்களிடையே பல வகைகளில் வரிசைகளைக் காணலாம். பின்வரும் இலக்கணப்படி ஒரு வரிசை உண்டாக்கலாம். அவ் வாறு உண்டாக்கும் வரிசையிலுள்ள எந்த எண்ணை எடுத்துக்கொண்டாலும் அந்த எண்ணைவிடக் குறை வான எண்கள் ஒவ்வொன்றின் வகு எண்களின் எண்ணிக்கை அந்த எண்ணின் வகு எண்களின் எண் ணிக்கையைவிடக் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும், இவ்வரிசை எண்களுக்கு அடர் பகு எண்கள் என இராமானுஜம் பெயரிட்டார்.

எண்கள்	வகுஎண்களின் எண்ணிக்கை
N	d(N)
2	2
4	3
6	4
12	6
24	8
36	9
48	10

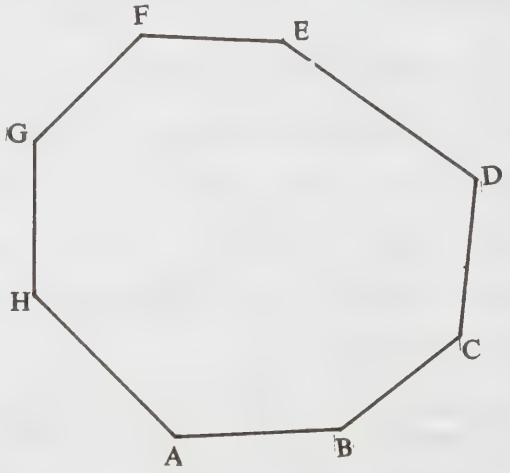
1913ஆம் ஆண்டு இங்கிலாந்து சென்ற பின்னும் இவ்வரிசையில் 10080 வகுஎண்களைக் கொண்ட 6746329388800 என்ற எண்ணும் அடர் பகுஎண் என விவரித்தார், இது போன்றே, இருவகைகளில் இரு கணங்களின் கூட்டுத் தொகையாகக் கூறக்கூடிய இயல்எண்களில் மிகச் சிறியது 1729 என்று இராமானுஜம் ஹார்டியிடம் அவரே வியக்குமாறு வெளியிட்டார்.

மேலும் இயல் எண்களிடையே உள்ள பலவகை யான தொடர்புகளையும், அவற்றின் பண்புகளையும் இராமானுஜம், இயற்கணித வாய்பாடு எதுவுமின்றி வெளியிட்டது கணித உலகுக்குப் பெரும் வியப்பாகும்.

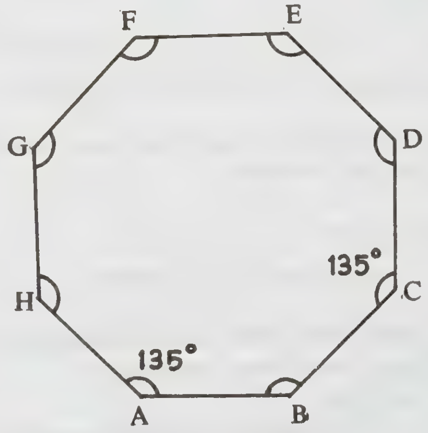
- ப. கந்தசாமி

எண் கோணம்

ஒரு பலகோணத்தின் பக்கங்கள் எட்டானால், அது ஓர் எண்கோணம் (octagon) எனப்படும். அதாவது, ஒரு தளத்தில் எட்டுப் புள்ளிகள் அல்லது உச்சிகளை (vertices), வரிசையாக எட்டுக் கோடுகளால் இணைப் பதால் அமையும் உருவம் எண்கோணமாகும் (படம் 1). இரு பக்கங்களுக்கிடையே உட்புறத்தில் உள்ள கோணம் உட்கோணம் என்றும்; ஒரு பக்கத்திற்கும் மற்ற பக்கத்தின் நீட்சிக்கும் இடையேயுள்ள கோணம் வெளிக்கோணம் என்றும் குறிக்கப்படும். மேலும் உட்கோணம் 180° க்குக் குறைவாக இருந்தால் அது குவிவு எண்கோணம் (convex octagon) என்றும், 180° க்கு மிகையாக இருப்பின் குழிவு எண்கோணம் (concave octagon) என்றும் வகைப்படுத்தப்படும். உட்கோணம், வெளிக்கோணம் இரண்டும் சேர்ந்து 180° க்குச் சமமாகும்.



எண்கோணம்



ஒழுங்கு எண்கோணம்

ஓர் எண்கோணத்தின் பக்கங்கள் சமமாகவும், கோணங்கள் சமமாகவும் அமையுமானால் அது ஒழுங்கு எண்கோணம் (regular octagon) எனப்படும் (படம் 2). n பக்கங்களையுடைய ஓர் ஒழுங்கான பல கோணத்தின் உட்கோணத்தைக் கணக்கிடும் $(180° - \frac{360°}{n})$ என்ற வாய்பாட்டிலிருந்து ஒழுங் கான எண்கோணத்தின் உட்கோணம் 135° எனக் கணக்கிட்டு, இது ஒரு குவிவுஎண்கோணம் என நிறுவப் படுகிறது. எண்கோணத்தின் பக்கம் a அளவானால், அதன் பரப்பு $2a^2(\sqrt{2}+1)$ என்றும், உச்சிகள் வழியே செல்லும் சுற்று வட்டத்தின் ஆரம் $a\sqrt{1+\frac{1}{2}\sqrt{2}}$ என்றும், பக்கங்களை உட்புறமாகத் தொட்டுக்கொண்டு செல்லும் உள்வட்டத்தின் ஆரம் $\frac{a}{2}(1+\sqrt{2})$ என்றும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

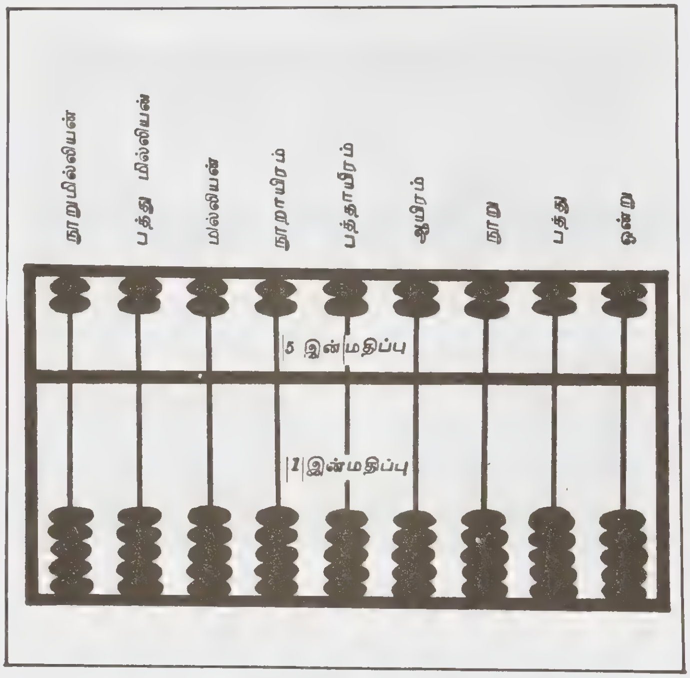
- பங்கஜம் கணேசன்

எண் சட்டம்

மனித சமுதாயம் நீண்டகாலமாகப் பண்டமாற்று முறையைக் கடைப்பிடித்து வந்தது. பணம் உருவாக் கப்பட்டபின்தான் பெருமளவில் பொருளாதார வளர்ச்சி ஏற்பட்டது; வணிகமும் பெருகியது. இந்த வளர்ச்சியே மனிதனுக்குக் கணக்கு மற்றும் வணிகக் குறிப்புகளை வைத்துக் கொள்ள வேண்டிய தேவையை ஏற்படுத்தியது எனலாம். அறிவுக்கூர்மை யால், மனிதன் தன் தேவையை நிறைவு செய்து கொள்ளப் பல எந்திரங்களைக் கண்டு பிடித்தான்.

இவற்றில் மிகத் தொன்மையானது அபாகஸ் என்று குறிப்பிடப்படும் எண் சட்டமாகும். சீனர் களால் கி.மு. 26ஆம் நூற்றாண்டிலேயே இந்தக் கணித எந்திரம் உருவாக்கப்பட்டது. கி.மு. பத்தாம் நூற்றாண்டில் எகிப்துக்கும், கிரீஸுக்கும் பரவியது. எண்சட்டம் மனிதனின் முதல் கணிப்பொறி என்று கருதப்படுகிறது. இன்னும் உலகின் பல பகுதிகளில் எண்சட்டம் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. மக்கள் அன்றாட வாழ்க்கையில் கணக்கிடுவதற்கு எழுது கோலையும் தாளையும் பயன்படுத்துகின்றனர். அத் துடன் கணித வாய்பாடுகளை மனப்பாடம் செய்து நினைவிற்குக் கொணர்ந்து தேவைக்கேற்ற தருணத் தில் பயன்படுத்துகின்றனர். அதேபோல் எண்சட்டம் பயன்படுத்துவோர் பல வழிமுறைகளை நன்கு மனப் பாடம் செய்திருக்க வேண்டும். கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல் ஆகியவற்றை எண்சட்டத்தின் உதவியுடன் மிகவேகமாகக் கணக்கிடுவர்.

சீனர்களால் சொன்பான் எனப்படும் எண் சட்டம் ஓர் எளிமையான கருவியாகும். இது ஒரு செவ்வக அமைப்பைக் கொண்டது (படம் 1). அகல வாட்டில் இணையாகப் பல கம்பிகளும், நீள்வாட்டில் குறுக்காக ஒரு சட்டமும் உள்ளன. குறுக்குச்சட்டம், ஒவ்வொரு கம்பியையும் இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கிறது. மேற்பகுதியில் இரண்டு மணிகளும் கீழ்ப் பகுதியில் ஐந்து மணிகளும் ஒவ்வொரு கம்பியிலும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கம்பியும் ஓர் எண் உள்ள ஏதேனும் ஓர் இடத்தைக் குறிக்கும். வலப்பக்கக் கம்பி ஒன்றாம் இடத்தையும், அதற்கு அடுத்துள்ள இடப்பக்கக்கம்பி பத்தாம் இடத்தையும்,

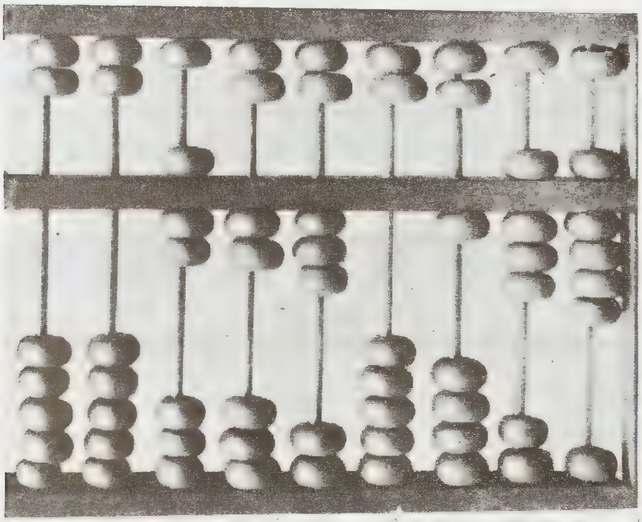


படம் 1.

அதற்கு அடுத்துள்ள இடப்பக்கக்கம்பி நூறாம் இடத்தையும் குறிக்கும். ஒவ்வொரு கம்பியிலுள்ள மணிகளையும் ஒரு முனையிலிருந்து குறுக்குச்சட்டம் வரை கையால் நகர்த்தலாம். குறுக்குச் சட்டத்தை ஒட்டி நகர்த்தப்பட்டுள்ள மணிகளின் அமைப்பு ஓர் எண்ணைக் குறிக்கும்.

இப்போது எண்சட்டத்தைப் பயன்படுத்தும் முறையை அறியலாம். முதலில் இக்கருவியை ஒரு மேசையின் மேலோ, 'தரையிற்படுத்தாற் போலவோ வைத்து, நடுவாக உள்ள குறுக்குச் சட்டத்திலிருந்து மணிகளை ஒவ்வொரு கம்பியிலும் அதன் மறு முனை களுக்கு நகர்த்த வேண்டும். ஒவ்வொரு கம்பியிலும் மேல்முனையில் 2 மணிகளும், கீழ்முனையில் 5 மணி களும் ஒதுக்கப்பட்டிருக்கும், மேற்பாகத்தில் ஒவ்

வொரு மணியும் அந்தக் கம்பியின் இடமதிப்பில் ஐந்து மடங்கையும், கீழ்ப்பகுதியில் ஒவ்வொரு மணியும் ஒரு மடங்கையும் குறிக்கும். ஓர் எண்ணை எண் வட்டக் கருவியில் காட்ட, அதற்கேற்ப மேல் பகுதியிலும், கீழ்ப்பகுதியிலும் உள்ள மணிகளைக் குறுக்குச் சட்டத்திற்கு அருகில் கொணர வேண்டும். அவ்வாறு கொணரப்படாத மணிகளுக்கு எண்ணைக் காட்டும் முறையில் பங்கு எதுவும் இல்லை. சான்றாகக் கீழே படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கும் அமைப்பு 7, 230, 189 என்ற எண்களைக் காட்டும்.



படம் 2.

ஒரே எண் வட்டத்தில் கம்பிகளின் எண்ணிக்கை உயர்ந்து பல எண்களைக் குறிக்கலாம். ஆனால் குறிப்பிட்டுள்ள எந்தக் கம்பிகள் எந்த எண்ணை எடுத்துக் காட்டுகின்றன என்பதை நன்கு கவனிக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, இடப்பக்கத்திலுள்ள ஐந்து கம்பிகள் ஓர் எண்ணையும் இடையே உள்ள ஆறு கம்பிகள் பிறிதோர் எண்ணையும், வலப் பக்கத்தில் எஞ்சிய மூன்று கம்பிகள் மற்றோர் எண்ணையும் குறிக்கலாம்.

கூட்டல் கழித்தல் முறை. இப்போது இரண்டு எண்களைக் கூட்டும் முறையைக் காணலாம். அடுத்துள்ள அட்டவணையில் 4321-ம் -8765-ம் கூட்டப்பட்டிருக்கின்றன. கூர்ந்து கவனித்தால் கூட்டு முறையின் எளிமை நன்கு புரியும். இதே முறையைத் தான் ஓர் எண்ணிலிருந்து இன்னோர் எண்ணைக் கழிக்கவும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

1.	4321	(+8765)
	(5)	
2.	4326	
	(6)	
3.	4386	
	(7)	
4.	4086	
	(1)	
	(8)	
5.	3086	
9 (6) (1)		
	13086	

பெருக்கல் முறை. எவ்வாறு வாய்பாடுகளை மனனம் செய்து இரு எண்களைப் பெருக்கமுடியுமோ, அதே முறைதான் எண்சட்டத்திலும் கையாளப் படுகிறது. ஆனால் எழுதுகோல், தாள் இல்லாமல் இடையே தேவைப்படும் குறிப்புகளை மனத்தில்தான் நிறுத்திக் கொள்ள வேண்டும். சான்றாக 538 என்ற எண்ணை 2457 என்ற எண்ணால் பெருக்குவதைக் கவனிக்கலாம். அடுத்துள்ள அட்டவணை 1இல் பெருக்கல் முறை விளக்கப்பட்டுள்ளது. கொடுக்கப் பட்ட இரண்டு எண்களும் முதல் வரியில் தொடக்க அமைப்பைக் காட்டுகின்றன. முதல் எண்ணை இடப்பக்கக் கம்பிகளிலும், இரண்டாம் எண்ணை வலப்பக்கக் கம்பிகளிலும் காட்ட வேண்டும். ஆனால் இரண்டாம் எண்ணின் வலப்பக்கத்தில் முதல் எண்ணில் எவ்வளவு இலக்கங்கள் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு கம்பிகள் காலியாக விடப்படவேண்டும். படத்தில் அவ்வாறு காலியாக விடப்பட்டுள்ள கம்பி கள் சுழியால் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. முதலில் இரண்டாம் எண்ணின் ஒன்றாம் இடத்தில் உள்ள 7-ஐ எடுத்துக் கொள்ளலாம். அந்த எண்ணால் இரண்டாம் எண்ணின் ஒவ்வோர் இலக்கத்தையும் பெருக்க வேண்டும். முதலில் 8×7 என்பது 56-ஐத் தருகிறது. அதை இறுதி இரண்டு வலப்பக்கக் கம்பிகளில் குறித்து முதல்வரியில் காண்பித்துள்ள அமைப்புடன் காட்ட அது இரண்டாம் வரியிலுள்ள

அட்டவணை

	538000 2457000	(1)
8×7	(56)	
	5380000 2457056	(2)
3×7	(21)	
	5380000 2457266	(3)
5×7	$(\bar{3}5)$	
	5380000 2453766	(4)
8×5	(40)	
	5380000 2454166	(5)
3×5	(15)	
	5380000 2455666	(6)
5×5	$(\bar{2}5)$	
	5380000 2430666	(7)
8×4	(32)	
	5380000 2433866	(8)
3×4	(12)	
	5380000 2445866	(9)
5×4	$(\bar{2}0)$	
	5380000 2245866	(10)
8×2	(16)	
	5380000 2261866	(11)
3×2	(6)	
	5380000 2321866	(12)
5×2	$(\bar{1}0)$	
	5380000 1321866	(13)

அமைப்பைக் கொடுக்கும். அடுத்து 3×7 இன் பெருக்கல் தொகை 210 ஐ இரண்டாம் வரியிலுள்ள அமைப்புடன் இடப் பக்கத்திற்கு ஓர் இலக்கம் தள்ளிக் கூட்ட வேண்டும். அது மூன்றாம் வரியின் அமைப்பை விடையாகக் கொடுக்கிறது. நான்காம் வரியில் சற்று எண்ணிச் செயலாற்ற வேண்டும். இதுவரையில் உண்மையிலேயே கூட்டி வந்த எண்ணைக் கவனிக்க வேண்டும்.

$$8\times7 = 56$$
$$30\times7 = 210$$
$$\overline{\quad 266 \quad}$$

அடுத்து கூட்டப்பட வேண்டிய எண் 500×7 அதாவது இறுதி மூன்று வலப்பக்கக் கம்பிகளில் இலக்கம் ஏதுமின்றி பூச்சியம் இருந்ததால் முதல் 3 வரிகளில் தடையின்றி முன்னேற முடிந்தது. ஆனால் ஆயிரத்தைக் குறிக்கும் இடத்தில் கொடுக்கப்பட்ட எண்ணின் இலக்கம் 7 ஆக இருக்கிறது. அதைக் கூட்டலில் சேர்க்கக் கூடாது. 7 ஆல் முதல் எண்ணின் இலக்கங்களையும் பெருக்கி விட்டதால், 7 இனித் தேவை இல்லை. அதைநீக்கி விடலாம். இவ்விளக்கத்திற்குப்பிறகு நான்காம் வரியிலுள்ள விடை எவ்வாறு வந்தது என்பது நன்கு புரியும், அடுத்துக் கூட்ட வேண்டிய மூன்று எண்கள் முறையே

$$8 \times 50 = 400$$

$$30 \times 50 = 1500$$

$$500 \times 50 = 25000$$

சற்று முன்னர் விளக்கிய காரணத்திற்காக, பத்தாயிரத்தைக் குறிக்கும் இலக்கத்தில் உள்ள 5ஐ ஏழாவது வரியை அடையும்போது விட்டுவிடலாம். இறுதிவிடை 1321866 ஆகும்.

வகுத்தல் முறை. எண்சட்டத்தில் வகுத்தல் முறை எவ்வாறு என்பதை ஓர் எளிய சான்று மூலம் அறியலாம். 71529961 என்ற எண்ணை 8 ஆல் வகுக்க வேண்டும். வகுத்தலைத் தொடங்கும் முன் எட்டிற்கான வகுத்தல் வாய்பாட்டைத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். முதல் வரியின் பொருள் 10ஐ 8ஆல் வகுத்தால் ஈவு 1 மீதம் 2. அதேபோல் இரண்டாம் வரியின் பொருள், 40ஐ 8 ஆல் வகுத்தால் ஈவு 5. ஐந்தாம் வரியின் பொருள் 50ஐ 8ஆல் வகுத்தால் ஈவு 6 மீதம் 2. இறுதி வரியில் 80ஐ 8ஆல் வகுத்தால் ஈவு 10. இதன் முழு விவரங்களும் கீழே உள்ள அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன.

8,1;	கீழே கூட்ட வேண்டியது 2		
8,2;	,,	,,	4
8,3;	,,	,,	6
8,4;	5ஆல் மாற்றவும்		
8,5;	6	2	
8;6;	7	2	
8;7;	8	6	
8,8;	10ஐக்	கொடுக்கும்.	

எடுத்துக்கொண்ட சான்றில் மேற்காணும் அட்டவணையில் உள்ள ஒவ்வொரு வரியையும் பயன் படுத்த வேண்டும். முதலில் வகுக்கப்படவேண்டிய எண்ணை வலப்பக்கக் கம்பிகளிலும், வகுக்கும் எண்ணை இடப்பக்கக் கம்பிகளிலும் அமைக்க வேண்டும். அந்த அமைப்பு அட்டவணை 2 இல் முதல்வரியை ஒத்திருக்கும்.

அட்டவணை 2

(1)	80000 71529961
(2)	$(\bar{8}6)$
	80000 87529961
(3)	$(\bar{8}6)$
(4)	80000 89329961
	(6)
	8000 89389961
(5)	$(1\bar{0})$
	8000 89409961
(6)	$(1\bar{0})$
	8000 89411961
(7)	(2)
	8000 89412361
(8)	(6)
	8000 89412441
(9)	$(\bar{5})$
	.8000 89412451

முதலில் கொடுக்கப்பட்ட எண்ணில் இடக் கோடியில் இருக்கும் 7ஐ எட்டால் வகுக்க வேண்டும். வகுக்கும் வாய்பாட்டின்படி 8ஐ 7க்கும், 6ஐ அதற்கு வலப் பக்கத்தில் உள்ள 1க்கும் கீழே குறிக்கலாம். 86இல் உள்ள 6ஐ முதல் வரியோடு கூட்டலாம் 86 இல் உள்ள 8 மேல்வரியில் உள்ள 7ஐ மாற்றி விட்டு அமர்கிறது. இப்போது இரண்டாம் வரியில் கொடுக் கப்பட்ட எண்ணின் இடப்பக்கத்திருந்து இரண்டாம் இலக்கம் மீண்டும் 7 ஆகும். முன் கூறியபடி 86ஐக் குறிக்க வேண்டும். ஆனால் 6 மற்றும் 5இன் கூட்டுத் தொகை எட்டைவிட மிகுதியாக இருப்பதால் எட்டுப் போக மீதமுள்ள 3ஐக் கீழே குறிப்பிடலாம். ஈவான ஒன்றை இடப்பக்கத்தில் உள்ள 8 உடன் கூட்டி 9 ஆக எழுதவேண்டும். தற்போது மூன்றாம் வரியைப் பார்க்கலாம். எட்டால் வகுத்து வருவதால் அளவு எண்ணாக 8ஐப்பயன்படுத்தவேண்டும். 6ஐயும் 5ஐயும் கூட்டியபோது ஒரு பங்கு எட்டைத் தவிர்த்தால் மூன்று கிடைக்கிறது. 3ஐ அந்தக் கம்பியில் வைத்துக் கொண்டு ஒரு பங்கு எட்டைக் குறிக்கும் 1ஐ இடப் பக்கக் கம்பியில் 7க்குப் பதிலாக வரும் எட்டுடன் சேர்த்து ஒன்பது உண்டாக்கவேண்டும். இவ்வாறே மற்ற வரிகளையும் கணக்கிட வேண்டும்.

இவ்வளவு கடினமுடன் விளக்கும் நேரத்தில் எண் சட்ட வல்லுநர்கள் பல பெருக்கல் வகுத்தல் களைஎளிமையாகச் செய்துவிடுவார்கள். எண் சட்டத் தினை மேலும் கடினமான கணிதச் செயல்பாடு களுக்கும் வர்க்கமூலத்திற்கும் பயன் படுத்தலாம்

எண் கருவிகளிலேயே எண் சட்டம் முன்னோடி ஆகும். எவ்வளவோ புதிய கருவிகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட பின்னரும் எண் சட்டம் தொடர்ந்து வழக் கத்தில் இருந்து வருகின்றது.

- ப. மயில்சாமி

எண்சார் தொகையிடல்

ஒரு சார்பின் பட்டியல் மதிப்புகளிலிருந்து அச்சார் பில் வரையறுத்த தொகையைத் தோராயமாகக் காணும் முறைக்கு எண்சார் தொகையிடல் (numerical integration) என்று பெயர். இம்முறை யில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொகையீட்டு இடை வெளியைச் (interval of integration) சமநீளமுள்ள, சிறு, சிறு இடைவெளிகளாகப் பிரித்து, ஏதேனும் ஓர் இடைமதிப்பைக்காணல் வாய்பாட்டின் மூலம் காணப்பட்ட f(x) இன் அமைப்பை, ஒவ்வோர் இடைவெளியிலும் தொகையிட்டுப் பின்னர் இத் தொகையீடுகளின் கூடுதல் தொகை கணக்கிடப் படுகிறது. இவ்வாறு கணக்கிடப்படும் தொகையின் மதிப்பு தோராயமாக இருப்பதால், சிறு இடைவெளி களின் எண்ணிக்கையை உயர்த்தினால் தோராய மதிப்பு ஓரளவு நுட்பமாகக் கிடைக்கும். இடை மதிப்புக்காணல் வாய்பாட்டின் மூலம் கிடைக்கும் f(x) இன் அமைப்பைக் கொண்டு $\int_a^h f(x)dx$ இன் தோராய மதிப்பினைக் காண, f(x) இன் பட்டியல் மதிப்புகளாலான ஒரு சில வாய்பாடுகள் நிறுவப் பட்டுள்ளன. இவை பரப்பு காண் வாய்பாடுகள் (quadratue formulae) எனப்படும்.

பரப்பு காான் வாய்பாடுகள். தொகைச் சார்பு f(x) சம இடைவெளியில் பட்டியல்படுத்தப்பட் டிருந்தால், நியூட்டனின் முன்னோக்கு வேறுபாட்டு வாய்பாடு (Newton's formula for forward differences) $f(x + nh) = f(x) + nc_1 \; \Delta f(c) \; +$

$nc_3 \triangle^2 f(x) + \ldots + \Delta^n f(x)$ ஐ n இன் எல்லா நேர் முழு எண்மதிப்புகளுக்கும் பயன்படுத்தி, f(x) இன் அமைப்பைப் பெறவேண்டும். (a,b) என்ற இடை வெளியில் f(x) ஐத் தொகையிட, இடைவெளி (a, b) ஐ ஒவ்வொன்றும் h நீளமுள்ள n சிறு, இடை வெளிகளாகப் பிரித்து b=a+nh ஆகவும் a ஆகவும் கொண்டு $u = \frac{x-a}{h}$ ஆனால் u=o ஆகும். x = b = a + nh ஆனால் u=n ஆகும். இதனால் தொகையீட்டு இடைவெளி (a, b) என்பது (o, n) ஆக மாறி $\int_a^b f(x)\,dx = h \int_0^n f(a+hu)\,du$ என மாறும்.

$$\text{இதிலிருந்து} \int_a^{a+nh} f(x)dx = h \Big[nf(a) + \frac{n^2}{2} \triangle f(a) + \tfrac{1}{2}\Big(\frac{n^3}{3} - \frac{n^2}{2}\Big) \triangle^2 f(a) + \frac{1}{6}\Big(\frac{n^4}{4} - n^3 + n^2\Big) \Delta^3 f(a) - \frac{1}{24}\Big(\frac{n^5}{5} - \frac{3n^4}{2} + \frac{11n^3}{3} - 3n^2\Big) \Delta^4 f(a) + \ldots\Big] \triangle$$

என்ற சம இடைவெளிப்பட்டியலுக்கான பொதுவான பரப்புகாண் வாய்பாட்டைப் பெறலாம். இதில் n = 1, 2, 3 ——— ஆகிய மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால் பல பரப்புகாண் வாய்பாடுகள் கிடைக்கும்.

கோடகம் சார்ந்த விதி (trapezoidal rule) x = a, a+h, a+2h, ... a+nh என்ற மதிப்புகளுக்குரிய y=f(x) என்ற தொகைச் சார்பின் மதிப்புகள் y_0, y_1, y_2 ... yn என்றிருக்கலாம். இவை சம நீளமுள்ள இடைவெளிகளாகும். பொதுவான பரப்புகாண் வாய்பாட்டில் n=1 ஆனால் (a, a + h) இடைவெளியில் f(x) இன் தொகை

$$\int_a^{a+h} f(x)dx = \text{சரிவகம் } A_0L_0L_1A_1 \text{ இன் பரப்பாகும்.}$$

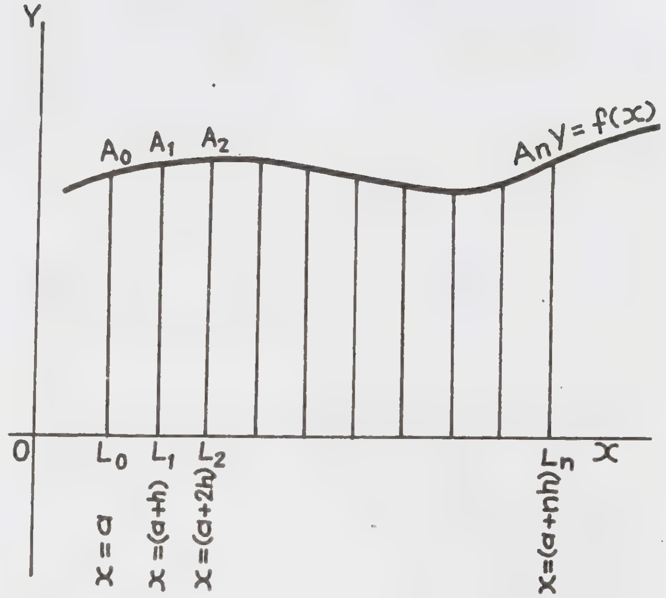
a + h, a + 2h இடைவெளியில் f(x) இன் தொகை

$$\int_{a+h}^{a+2h} f(x)dx = \text{சரிவகம் } A_1L_1L_2A_2 \text{ இன் பரப்பு}$$

———————————————————

$$\int_{a+n-1\,h}^{a+nh} f(x)dx = \text{சரிவகம் } A_{n-1}L_{n-1}L_nA_n \text{ இன் பரப்பு}$$

இத்தொகைகளைக் கூட்டினால் $\int_a^{a+nh} f(x)dx$ எல்லாச்



சரிவகங்களின் மொத்தப் பரப்பாகும். அதாவது சரிவகம் $A_0L_0L_nA_n$ இன் பரப்பிற்குச் சமமாகும். ஆயினும் f(x) இன் தொகையீடு தோராய மதிப்புடையதாகவே இருக்கும். சம இடைவெளியின் நீளத்தை மிகச் சிறியதாகக் குறைத்துத் தோராய மதிப்பை நுட்பமாக்கலாம்.

சிம்சன் $\frac{1}{3}$ ஆம் விதி (simpson's one third rule) பரப்புகாண் வாய்பாட்டில் n = 2 எனப் பிரதியிட்டால், $y_0 = f(a)$, $y_1 = f(a + h)$

$y_2 = f(a + 2h)$ என மூன்று நிலைத் தொலைவுகள் கிடைக்கின்றன.

மூன்று நிலைத் தொலைவுகளுக்கு சிம்சனின் விதி என்பது

$$\int_a^{a+2h} f(x)dx = \frac{h}{3}\Big[y_0 + 4y_1 + y_2\Big] \text{ ஆகும்.}$$

இவ்வாறாக அடுத்தடுத்த மூன்று நிலைத் தொலைவுகளுக்கு சிம்சன் விதிப்படி

$$\int_{a+2h}^{a+4h} f(x)dx = \frac{h}{3}\Big[y_2 + 4y_3 + y_4\Big]$$

$$\int_{a+4h}^{a+6h} f(x)\,dx = \frac{h}{3}\Big[y_4 + 4y_5 + y_6\Big]$$

என்று கிடைக்கும்.

n ஓர் இரட்டை எண்ணானால்

$$\int_{a+n-2h}^{a+nh} f(x)dx = \frac{h}{3}\left[y_{n-2}+4y_{n-1}+y_n\right]$$

ஆகும்.

இவற்றைக் கூட்டினால்

$$\int_a^{a+nh} f(x)dx = \frac{h}{3}\left[(y_0+y_n)+4(y_1+y_3+\ldots+y_{n-1})+2(y_2+y_4+\ldots+y_{n-2})\right]$$

எனக் கிடைக்கும்.

இது சிம்சனின் விரித்தெழுதப்பட்ட $\frac{1}{3}$ ஆம் விதியாகும். கோடகம் சார்ந்த விதியை விட f(x) இன் தொகைக்கு இவ்விதி நுண்ணிய மதிப்பைத் தந்தாலும், தொகையீட்டு இடைவெளியை இரட்டை எண்ணிக்கையுடைய சிறு இடைவெளிகளாகப் பிரித்தால்தான் இதைப் பயன்படுத்த முடியும்.

சிம்சன் $\frac{3}{8}$ ஆம் விதி (simpson's three eigth's rule) பரப்பு காண் வாய்பாட்டில் n = 3 என்று பிரதியிட்டுக் கிடைக்கும் நான்கு நிலைத் தொலைவுகள் y_0, y_1, y_2, y_3 ஆகும். ஆகவே

$$\int_a^{a+3h} f(x)dx = \frac{3}{8}h\left[y_0+3y_1+3y_2+y_3\right]$$

என்பது சிம்சனின் $\frac{3}{8}$ ஆம் விதியாகும். இதை அடுத்தடுத்து நான்கு நிலைத் தொலைவுகளுக்குப் பயன்படுத்தி, பின்வருவனவற்றைப் பெறமுடியும்.

$$\int_{a+3h}^{a+6h} f(x)dx = \frac{3}{8}h\left[y_3+3y_4+3y_5+y_6\right]$$

$$\int_{a+6h}^{a+9h} f(x)dx = \frac{3}{8}h\left[y_6+3y_7+3y_8+y_9\right]$$

n ஆனது 3 இன் மடங்கானால்

$$\int_{a+n-3h}^{a+nh} f(x)\,dx = \frac{3}{8}h\left[y_{n-3}+3y_{n-2}+3y_{n-1}+y_n\right]$$

என்று கிடைக்கும் தொகைகளைக் கூட்டக் கிடைக்கும்

$$\int_a^{a+nh} f(x)\,dx = \frac{3}{8}h\left[(y_0+y_n)+3(y_1+y_2+y_4+y_5+\cdots+y_{n-2}+y_{n-1})+2(y_3+y_6+\ldots\ldots y_{n-3})\right]$$

என்பது சிம்சனின் விரித்தெழுதப்பட்ட $\frac{3}{8}$ஆம் விதியாகும்.

சில இடைவெளிகளின் எண்ணிக்கை ஐந்தும் அதற்கு மேற்பட்ட ஒற்றையெண்ணாக இருந்தால் சிம்சனின் இரு விதிகளையும் சோத்துப் பயன்படுத்தலாம். முதலில் சிம்சனின் $\frac{3}{8}$ஆம் விதியை ஒரு முறை பயன்படுத்திப் பின் மீதியுள்ள இரட்டை எண்ணிக்கையுள்ள இடைவெளிக்கு சிம்சனின் $\frac{1}{3}$ ஆம் விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

வெடில் விதி. பரப்புகாண் வாய்பாட்டில் n=6 எனப் பிரதியிட்டால் f(x) இன் ஆறாம் நிலை வேறுபாடுகளுக்கு மேற்பட்ட நிலை வேறுபாடுகள் மறைகின்றன. மேலும்.

$$\int_a^{a+6h} f(x)dx = \frac{3h}{10}\left[(y_0+y_6)+5(y_1+y_5)+(y_2+y_4)+6y_3\right]$$

என்பது 6 சிறுசம இடைவெளிகளுக்குரிய வெடிலின் விதி எனப்படும். கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொகையீட்டு இடைவெளி 12, 18, 24, 30... எனச் சிறுசிறு சம இடைவெளிகளாக்கப்பட்டு, அடுத்தடுத்துள்ள 6 சம இடைவெளிகளுக்குப் பயன்படுத்திக் கிடைக்கும் தொகைகளைக் கூட்டினால், கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொகைச்சார்பின் தொகை கிடைப்பதுடன் சிம்சனின் $\frac{3}{8}$ஆம் விதியின் மூலம் கிடைக்கும் தொகையை விட நுட்பமாகவும் இருக்கும். ஆனால் இவ்விதியைப் பயன்படுத்தக் குறைந்தது ஏழுசார்பலன்களாவது கொடுக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

கிரிகோரியின் எண்சார் தொகை வாய்பாடு.

$$\int_a^{a+nh} f(x)dx = h\left[\frac{1}{2}(y_0+y_n)+(y_1+y_2+\ldots+y_{n-1}) - \frac{1}{12}(\Delta y_{n-1}-\Delta y_0) - \frac{1}{24}(\Delta^2 y_{n-2}+\Delta^2 y_0) - \frac{19}{720}(\Delta^3 y_{n-3}-\Delta^3 y_0) - \frac{3}{160}(\Delta^4 y_{n-4}+\Delta^4 y_0)\right]$$

இவ்வாய்பாட்டையும் மேலே குறிப்பிட்ட மற்ற வாய்பாடுகளைப் போலவே பயன்படுத்தித் தொகை காணவேண்டும்.

ஆய்லர்-மெக்லாரின் வாய்பாடு. கொடுக்கப்பட்ட தொகைச் சார்பு f(x) ஐ முதல் நிலை வேறுபாடாகக் கொண்ட F(x) என்ற மற்றொரு சார்பு அதாவது $\Delta F(x) = f(x)$ எனக் கொள்ள வேண்டும்.

$$\frac{1}{h}\int_a^{a+nh} f(x)dx = \tfrac{1}{2}\left[f(o)+f(n)\right] + \left[f(1)+f(2)\ldots+f(n-1)\right] - \frac{h}{12}\left[f'(n)-f'(o)+\frac{h^3}{720}\left[f^3(n)-f^3(o)\right]\right.$$

$$-\frac{h^5}{30240}\left[f^5(n)-f^5(o)\right] + \ldots$$

இவ்வாய்பாட்டின் மூலம் கிடைக்கும் தொகையின் மதிப்பு நுட்பமாக இருக்கும். தொடர்களின் கூட்டுத்தொகைகளைக் காண இவ்வாய்பாடு மிகவும் பயன்படுகிறது.

நியூட்டன் - கோட்ஸ் வாய்பாடு. $x = x_0, x_1, \ldots\ldots x_n$ என்ற மதிப்புகளுக்குரிய சார் பலன்களால் பட்டியல் படுத்தப்பட்ட சார்பு $f(x)$ என்பது $(n+1)$க்குக் குறைவான படி பெற்ற ஒரு பல்லுறுப்புக் கோவையானால்,

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x)dx = \sum_{r=0}^{n} H_r f(x_n)$$

$$= H_0 f(x_0) + H_1 f(x_1) + \ldots + H_n f(x_n)$$

இங்கு $H_r = \frac{h(-1)^{n-r}}{r!(n-r)!}\int_0^n \frac{u(u-1)\ldots(u-n)}{u-r}$ ஆகும்

இவ்வாய்பாட்டில் $n = 1, 2, 3, 6$ எனப் பிரதியிட்டுச் சுருக்கினால், முறையே, கோடகம் சார்ந்த விதி, சிம்சனின் $\frac{1}{3}$ ஆம் விதி, சிம்மனின் $\frac{3}{8}$ ஆம் விதி, வெடில்விதி ஆகியவை கிடைக்கும்.

ஸ்டர்லிங்கின் மையவேறுபாட்டுப் பரப்புகாண் வாய்பாடு. (Stirling's central difference quadrature formula).

$$\int_a^{a+nh} f(x)\,dx = 2h\left[F(1) + F(3) + F(5) + \ldots + \frac{1}{6}\left(\Delta^2 F(o) + \Delta^2 F(2) + \ldots\right) - \frac{1}{180}\left(\Delta^4 F(-1) + \Delta^4 F(1) + \ldots\right) + \ldots\right]$$

இவ்வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்த ஓர் இரட்டை எண்ணாக மட்டுமே இருக்க வேண்டும். மேலும், தொகையிடைவெளியின் எல்லைகளுக்குப் புறம்பான சார்பலன்களும் தேவைப்படுன்றன.

பெஸ்ஸலின் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்புகாண் வாய்பாடு (Bessl's central diference quadrature formula).

$$\int_a^{a+nh} f(x)dx = h\left[\left\{\frac{F(o)+F(1)}{2} + F(1) + F(2) + \ldots\ldots + F(n-1)\right\}\right.$$

$$-\frac{1}{12}\left\{\frac{\Delta F(n-1)+\Delta F(n)}{2} - \frac{\Delta F(-1)+\Delta F(o)}{2}\right\} + \frac{11}{127}$$

$$\left.\left\{\frac{\Delta^3 F(n-2)+\Delta^3 F(n-1)}{2} - \frac{\Delta^3 F(-2)+\Delta^3 F(-1)}{2}\right\}\right]$$

இவ்வாய்பாடு ஒற்றை அல்லது இரட்டை எண்ணாயினும் பயன்படும். ஆனால் இடைவெளிக்குப் புறம்பான சார்பலன்களும் தேவைப்படுகின்றன.

பரப்புகாண் வாய்பாட்டில் அலகை மாற்றுவதால் சில தொகைச்சார்புகளை எளிதில் தொகைப் படுத்தமுடியும். அதாவது, ஓர் அலகு இடைவெளியுடன் கூடிய பரப்புகாண் வாய்பாட்டை, h அலகு இடைவெளியுடன் கூடிய பரப்புகாண் வாய்பாடாகவும், h' அலகுடைய வாய்பாட்டை ஓர் அலகுடைய தாகவும் மாற்றித் தொகைப்படுத்தலாம். அதேபோல பரப்பு, ஆதியை மாற்றினால் தொகையீட்டு இடைவெளியின் எல்லைகளும் மாறுவதால், அவற்றின் தொகைகளை எளிதாகக் காணலாம்.

- பங்கஜம் கணேசன்

எண்சார் பகுப்பாய்வு

கணிப்புவழிப் (algorithm) பகுப்பாய்வு வளர்ச்சி, பயன்பாடு போன்றவற்றை விளக்கும் பகுதி எண்சார் பகுப்பாய்வு (numerical analysis) எனப்படும். இது ஒரு செய்முறை அறிவியல் ஆகும். 18, 19 ஆம் நூற்றாண்டுக் கணித அறிஞர்களான காஸ் (Gauss) நியூட்டன், ஃபூரியர் போன்றவர்கள் கணிப்பு வழியை மேம்படுத்தினர். இவர்கள் உருவாக்கிய கருத்துகள் இன்று வரை மிகவும் பரவலாகப் பயன் படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. இப்பகுதி நன்கு வளர்வதற்குக் கணிப்பொறி பெரிதும் தூண்டுகோலாக அமைந்துள்ளது. இப்பிரிவில் உள்ள மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்த கணக்குகளுக்குத் தற்காலத்தில் கணிப்பொறி உதவியால் மிக எளிமையாகத் தீர்வு காண முடிகிறது. அண்ட வெளி (space) அணு ஆற்றல் போன்ற துறைகளில் கணிப்பொறி பயன்படும் அளவிற்கு எண்சார் பகுப்பாய்வும் பயன்படுகின்றது. எண்சார் பகுப்பாய்வின் வளர்ச்சியின்றி இத்துறைகளில் தற்காலத் தொழில் நுட்பங்களை மேம்படுத்த முடியாது.

எண்சார் பகுப்பாய்வில் ஒரு சமன்பாடு அல்லது பல சமன்பாடுகளின் மூலங்கள் (roots of equations) காணுதல், இடை மதிப்புகாணல் (interpolation), தோராயம் (approximation), எண்சார் வகையிடல் (numerical differentiation), எண்சார் தொகையிடல் (numerical integration), எண்சார் பரப்பு காண்முறை (numerical quadrature), நேரியல் அமைப்புகளின் தீர்வு (solution of linear system), அணி ஐகன் மதிப்புக் கணக்கு (matrix eigen value problem), இயல்பான வகைகெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்வு (solution of ordinary differential equation), எல்லை மதிப்புக் கணக்கு (boundary value problem), பகுதி வகை கெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்வு (solution of partial differential equation) போன்றவை விவரிக்கப் பட்டுள்ளன.

சமன்பாடுகளின் மூலங்கள். இயற்பியல், பொறி யியல் துறைகளில் பயன்படும்

$$x^3 - x - 1 = 0 \text{—(1)};$$

$$e^x - \cos x = 0 \text{—(2)}$$

போன்ற சமன்பாடுகளின் மூலங்கள் காணுதல் மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்தாகும். எனவே இச்சமன்பாடுகளுக்கு எண்சார் முறையில் தீர்வு காணும்போது தோராய மான தீர்வுகள் கிடைக்கும். தொடர்ச்சியான சார்பு களின் பூச்சியம் காண்பதற்கு இருபகுப்புக் கணிப்பு வழி (bisection algorithm) நியூட்டன் கணிப்பு வழி, சீகண்ட் கணிப்பு வழி போன்றவை பயன்படுகின்றன.

இருபகுப்புக் கணிப்புவழி. இந்த முறையை ஓர் எளிய எடுத்துக்காட்டு மூலம் காணலாம். சமன்பாடு (1) ஐ எடுத்துக்கொண்டால், $f(1) = -1 < 0 < 5 = f(2)$ என எளிதில் நிறுவலாம். எனவே, இடைவெளி (1, 2) இல் f(x)-இன் ஒரு பூச்சியமாவது இருக்கும். இந்த இடைவெளியில் α என்ற ஒரு பூச்சியம் மட்டும் இருப்பதாகக் கொண்டால், அது தோராயமாக, இடைவெளியின் மையப்புள்ளி 1.5 ஆகக் கொள்ள லாம். இதனால் ஏற்படும் பிழை அதிகப்படியாக 0.5க்கு மேல் இருக்காது. மேலும் $f(1.5) = 0.875$ என்பதால் $f(1) \times f(1.5) < 0$ ஆகும். எனவே αவின் மதிப்பு தோராயமாக, இடைவெளி (1, 1.2) இன் மையப்புள்ளி 1.25 ஆகக் கொண்டால், அதனால் ஏற்படும் பிழை 0.25ஐவிடக் குறைவாகும். இது போல் இருபது நிலைகள் செய்து முடித்தபின்

$$1.3247175 = a_{20} \leqslant \alpha \leqslant b_{20} = 1.3247184$$

எனக் கிடைக்கும். மேலும்

$$f(a_{20}) = (-1.857 \ldots)_{10}^{-6}$$

$$f(b_{20}) = (2.209 \ldots)_{10}^{-6}$$ ஆகும்.

இந்தப் புள்ளியில், ஆறு இலக்கங்களில் நுட்ப மதிப்பு கிடைக்கிறது. சார்புகள் சிக்கல் வாய்ந்தன வாக இருந்தால் இந்த முறையில் மதிப்பு காண்பது கடினமாகும்.

நியூட்டன் கணிப்புவழி. கொடுக்கப்பட்டுள்ள f(x) என்ற சார்பு தொடர்ச்சியாக வகைகெழு காணக்கூடியதாகும். n=0, 1, 2, ... என நிறைவு செய்யும் வரை கணக்கிட்டால்

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

எனக் கிடைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, சமன்பாடு (1) ஐ எடுத்துக் கொண்டால் $f'(x) = 3x^2 - 1$ எனக் கிடைக்கும். இச்சமன்பாட்டை நியூட்டன் கணிப்புவழி வாய் பாட்டில் பயன்படுத்தினால்

$$x_{(n+1)} = x_n - \frac{x_n^3 - x_{n-1}}{3x_n^2 - 1}$$

எனக் கிடைக்கும். தொடக்கப் புள்ளி $x_0 = 1$ எனக் கொண்டால் அட்டவணையில் உள்ள மதிப்புகள் கிடைக்கும்.

நியூட்டன் முறைச் சமன்பாடு (1) க்குப் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

n	x_n
0	1.0
1	1.5
2	1.3478261
3	1.3252006
4	1.3247182
5	1.3247180

இந்தச் சார்புக்கு αவின் மதிப்பு தோராயமாக x_5 எனக் கொள்ளலாம். இது பல இலக்கங்கள் கொண்ட சரியான மதிப்பாகும். இந்த முறை இருபகுப்பு முறையைவிட நல்ல முறையாகும்.

சீகண்ட் கணிப்புவழி. இம்முறையில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள சார்பு f(x) மற்றும் இரண்டும் புள்ளிகள் x_{n-1} ஆகியவற்றைக் கொண்டு n=0, 1, 2, - - - என்ற புள்ளிகளில் நிறைவுசெய்யும் வரை கணக் கிட்டால்,

$$x_{n+1} = x_n - f(x_n) \frac{x_n - x_{n-1}}{f(x) - f(x)_{n-1}} \quad (4)$$

எனக் கிடைக்கும். இந்த முறையில் சார்புகள் இரு பகுப்பு முறையைவிட மிகு வேகமாகவும் நியூட்டன் முறையைவிடச் சற்று வேகமாகவும் குவியும். மேலும் இம்முறையில் $f'(x)$ பற்றிய மதிப்பு தேவையில்லாமலேயே கணக்கிடுவது ஒரு நன்மையாகும்.

இடைமதிப்பு காணல். கொடுக்கப்பட்டுள்ள $f(x)$ என்ற சார்புக்கு $x_1, x_2, \ldots x_n$ என்ற புள்ளிகளின் மதிப்புகள் ஓர் அட்டவணையிலிருந்தோ செயல்முறை (experiment) மூலமாகவோ தெரியும்போது இப்புள்ளிகளைத் தவிர்த்து இப்புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள மற்றொரு புள்ளிக்கு $f(x)$- இன் மதிப்பு அட்டவணையின் மூலம் காணுதல் இடைச்செருகல் எனப்படும்.

தோராயம். வர்க்க மூலம், சைன் (sine), கொசைன் (cosine), மடக்கை (logarithm), அடுக்குக்குறி (exponential) போன்ற சார்புகளைப் கணிப்பொறியில் பயன்படுத்துவது மிகவும் கடினமாகும். ஏனென்றால் கணிப்பொறியில் பயன்படுத்தும் செயல்முறைகள் (operations) எண் கணிதத்தைச் சார்ந்தவை. எனவே, மேலே கூறிய சார்புகள் வேறு சில சார்புகளால் தோராயப்படுத்தப்பட்டுப் பின்னர் சார்புக்குக் கணிப்பொறியின் மூலம் மதிப்புகள் கணக்கிடப்படும்.

நேரியல் சமன்பாடுகளின் தீர்வு. இயற்பியல் மற்றும் பொறியியலில் பயன்படும் பல நேரியல் கணக்குகள், கணிதத்தில் நேரியல் சமன்பாடுகளின் தொகுப்புகளைத் தீர்வு காண்பதன் மூலம் தீர்க்கப்படும். அணி அமைப்பில் சமன்பாடுகளின் தொகுப்பை $Ax=b$ எனக் குறிக்கலாம். இங்கு A என்பது மெய் எண்களை உறுப்பாகக் கொண்ட h வரிசைகளை உடைய சதுர அணி (square matrix) ஆகும். x, b என்பன மெய் எணகளை உறுப்புகளாகக் கொண்ட நிரல் அணி (column matrix) ஆகும். மேலும் $|A|$, $(\neq 0)$ ... என்பது A இன் - அணிக்கோவை (determinant) ஆகும். நிரல் அணி X இல் உள்ள உறுப்புகளைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலம் இச்சமன்பாடுகளின் தீர்வுகள் காணலாம். நேரியல் அமைப்புகளைத் தீர்வு காண இரண்டு முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. ஒன்று நேரடி முறை, மற்றொன்று பன்னிச் செய்தல் அல்லது மீண்டும் செய்தல் முறை ஆகும். நேரடி முறை என்பது பல செயல்கள் நிகழ்த்திய பின் தீர்வு கிடைப்பதாகும். மீண்டும் மீண்டும் செய்தல் முறை என்பது ஒரு முற்கணிப்பில் தொடங்கி ஒருமுறை பயன்படுத்திய செயல்களையே மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தித் தீர்வு காண்பதாகும்.

மெய் எண்களை உறுப்புகளாகக் கொண்ட அணி A இன் ஐகன் மதிப்பு, ஐகன் திசையன்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறியும் முறை முக்கியமான தாகும். $(A-I\lambda)\,x=0$ என்ற நேரியல் அமைப்பில் $x=0$ என்ற தீர்வைத் தவிர $[A-I\lambda] = 0$ என்ற தீர்வுக்கு λ வின் மதிப்பைக் காணுதலாகும். இம்மதிப்பு, அணி A இன் ஐகன் மதிப்பாகும். இது மெய் எண்ணாகவோ கலப்பு எண்ணாகவோ இருக்கும். இந்த மதிப்பிற்கு ஒத்த தீர்வுத் திசையன் (solution vector) x ஐகன் திசையன் எனப்படும். இது எப்போதும் $x\neq 0$ என இருக்கும். பொதுவாக n வரிசையிலுள்ள ஓர் அணி n ஐகன் மதிப்புகளையும், n ஐகன் திசையன்களையும் பெற்றிருக்கும். நேரியல் சமன்பாடுகளின் தீர்வு ஒன்றுதான் கிடைக்கும். ஆனால் நேரியலற்ற சமன்பாடுகளைத் (nonlinear equations) தீர்வு காணும் போது, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட தீர்வுகள் கிடைக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, $x^2-2 = 0$ என்ற சமன்பாடு $x = \pm\sqrt{2}$ என்று இரண்டு தீர்வுகள் கொண்டதாகும். $\sin x = 0$ என்ற சமன்பாடு $x = r\pi$ என அளவற்ற தீர்வுகளைக் கொண்டுள்ளது, இங்கு r என்பது ஏதாவது ஒரு முழு எண் ஆகும்.

வகைகெழுச் சமன்பாடுகள். இயல்பான வகைகெழுச் சமன்பாடுகளுக்கு எண்களில் தீர்வு காண்பது எண்சார் பகுப்பாய்வில் மிகவும் முக்கியமான பகுதியாகும். ஏனென்றால் பகுமுறையில் தீர்வு காண முடியாத இயல்பான வகைகெழுச் சமன்பாடுகள் வாழ்க்கைக்கு ஒன்றிப்போகும் பல துறைகளில் உள்ள கணக்குகளில் பயன்படுகின்றன. இவற்றில் தொடக்க மதிப்பு எல்லை மதிப்பு (boundary value) ஆகிய இரண்டும் குறிப்பிடத்தக்க கணக்குகளாகும். $y'=f(x,y)$ என்ற சார்பை நிறைவு செய்யுமாறும் தொடக்க மதிப்பு $y'(x_0) = y_0$ ஆகவும் உடைய $y(x)$ என்ற தொடர்ச்சியான சார்பு வகைகெழுச் சமன்பாடுகளின் கோட்பாட்டின்படி ஒரே ஒரு தீர்வு மட்டும் இருக்கவேண்டுமானால் சில கட்டுப்பாடுகளை $f(x,y)$ நிறைவு செய்ய வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக $y' = y$, $y(x_0) = y_0$ என்ற வகைகெழு அமைப்பு $y(x) = y_0 \;(\exp(x-x_0))$ என்ற தீர்வு உடையதாக இருக்கும்.

வரம்பு மதிப்புக் கணக்குகள். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வரிசைகளையுடைய வகைகெழுச் சமன்பாடுகள் தொடக்க மதிப்புக் கணக்குகளாகவோ வரம்பு மதிப்புக் கணக்குகளாகவோ வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன, பொதுவாக n வரிசை வகைகெழுச் சமன்பாடுகளை

$$y^N(x) = f\left(x, y(x), y'(x), \ldots y^{n-1}(x)\right)$$

என விவரிக்கலாம். இச் சமன்பாடுகள் ஒரே ஒரு தீர்வு உடையதாக இருக்க வேண்டுமானால் N கட்டுப்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும், இந்த N கட்டுப்பாடுகளை ஒரு புள்ளியில், அதாவது $x = x_0$ என்ற புள்ளியில் குறிப்பிட்டால் இது தொடக்க மதிப்புக் கணக்கு எனப்படும். மாறாக இந்த n கட்டுப்பாடுகள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புள்ளிகளில் கொடுக்கப்பட்டால் அது வரம்பு மதிப்புக் கணக்கு எனப்படும். மேலே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள சமன்பாடு

தொடக்க மதிப்புக் கணக்கின் அடிப்படையில் ஒரு தனி வகைகெழுச் சமன்பாடு எடுத்துக் கொள்ளப் பட்டுள்ளது. வரம்பு மதிப்புக் கணக்கு மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்ததாகும்.

- பெல்

எண்சார் வகையிடல்

f(x) என்ற சார்பில் x இன் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புக்கு, f(x) ஐ நேரடியாக வகையிட்டு அதில் x இன் மதிப்பைப் பிரதியிடக் கிடைக்கும் மதிப்பு f(x) இன் வகையீட்டுக் கெழு (differential coefficient) எனப் படும். ஆனால் பட்டியலிடப்பட்ட ஒருசார்பின் வகைகெழுவைக் காண, முதலில் சார்பின் வகைகெழுவைக் கண்டு, பின்னர் அவ்வமைப்பிலிருந்து, மேற்கூறிய முறையில் வகைகெழு காணவேண்டும். அதாவது கொடுக்கப்பட்டுள்ள பட்டியல் மதிப்புக்குரிய x இன் பலநிலை வகையீட்டுக் கெழுக்களையும் காண வேண்டும். இம்முறைக்கு எண்சார் வகையிடல் (numerical differentiation) என்று பெயர்.

எண்சார் வகையீடு காண கீழே குறிப்பிடப் பட்டுள்ள சில வாய்பாடுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

நியூட்டன்-கிரிகோரி இடை மதிப்பு காணும் வாய்பாடு.

$$f(a+xh) = f(a)+x\,\Delta f(a) + \frac{x(x-1)}{2!}\Delta^2 f(a) + \frac{x(x-1)(x-2)}{3!}\Delta^3 f(a) + \ldots\ldots$$

இச்சமன்பாட்டினை முதலில் வகையிட்டபின்னர் அடுத்தடுத்த உயர்நிலை வகையீடுகளின் சமன்பாடுகளைக் கண்டு, அவற்றில் xஇன் குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பிரதியிட்டுக் கெழுகாண வேண்டும். $\Delta^1\Delta^2\ldots$ உயர்நிலை வகையீடுகளின் வேறுபாடுகளைக் குறிக்கும்

நியூட்டன்-கிரிகோரி பின்முக வாய்பாடு.

$$f(a+n+th) = f(a+nh)\ 1+t\nabla + \frac{t(t+1)}{2!}\nabla^2 + \frac{t(t+1)(t+2)}{3!}\nabla^3 + \ldots$$

∇, ∇^2 பின்முக வேறுபாடுகளைக் குறிக்கும்.

நியூட்டன்-ஸ்டெர்லிங் வாய்பாடு. சம இடைவெளியின் நீளம் l இல் x இன் மதிப்புகளைக் கொண்டு பட்டியல்படுத்தப்பட்ட f(x)இல், aஐ ஆதியாகக் கொண்டு $u = \frac{x-a}{h}$ என மாற்றினால் f(x)aஎன்பது F(u) ஆக மாறும்.

$$F(u) = F(o) + \frac{u}{1!}\,\frac{\Delta F(o)+\Delta F(-1)}{2} + \frac{u^2}{2!}\Delta^2 F(-1) + \frac{u(u^2-1^2)}{3!}\,\frac{\Delta^3F(-1)+\Delta^3F(-2)}{2} + \frac{u^2(u^2-1^2)}{4!}\Delta^4 F(-2) + \frac{u(b^2-1^2)\,b^2-2^2)}{5!}\,\frac{\Delta^5F(-2)+\Delta^5F(-3)}{2} + \ldots\ldots$$

இதன் உயர் நிலைகளைக் கண்டு, xஇன் மதிப்பிற்கு வகைகெழு காணவேண்டும்.

நியூட்டன் - பெஸ்ஸல் வாய்பாடு.

$$F(u) = \frac{F(0)+F(1)}{2} + (u-\tfrac{1}{2})\,\Delta F(0) + \frac{b(u-1)}{2!}\,\frac{\Delta^2F(-1)+\Delta^2F(-0)}{2} + \frac{u(u-\frac{1}{2})(u-1)}{3}\Delta^3F(-1) + \ldots$$

அசம இடைவெளிகளில் பட்டியல்படுத்தப்பட்ட f(x) இன் வகையீடுகளைக் கண்டுபிடிக்க நியூட்டனின் வகுபட்ட வேறுபாட்டு வகையீட்டு வாய்பாடு பயன் படுத்தப்படுகிறது.

$$f(x) = f(x_0) + (x-x_0)\,f(x_0,x_1) + (x-x_0)(x-x_1)\,f(x_0,x_1,x_2) + (x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)\,f(x_0,x_1,x_2,x_3)$$

இதில் $a_0 = x-x_0$; $a_1 = x-x_1$; $a_2 = x-x_2$ என்று பிரதியிட்டால் கிடைக்கும் சமன்பாடு

$$f(x) = f(x_0) + a_0 f(x_0,x_1) + a_0a_1\,f(x_0,x_1,x_2) + a_0a_1a_2\,f(x_0,x_1,x_2,x_3) +$$ ஆகும்.

a_0, a_1 ... இவற்றின் வகையீடுகள் 1 ஆகும்.

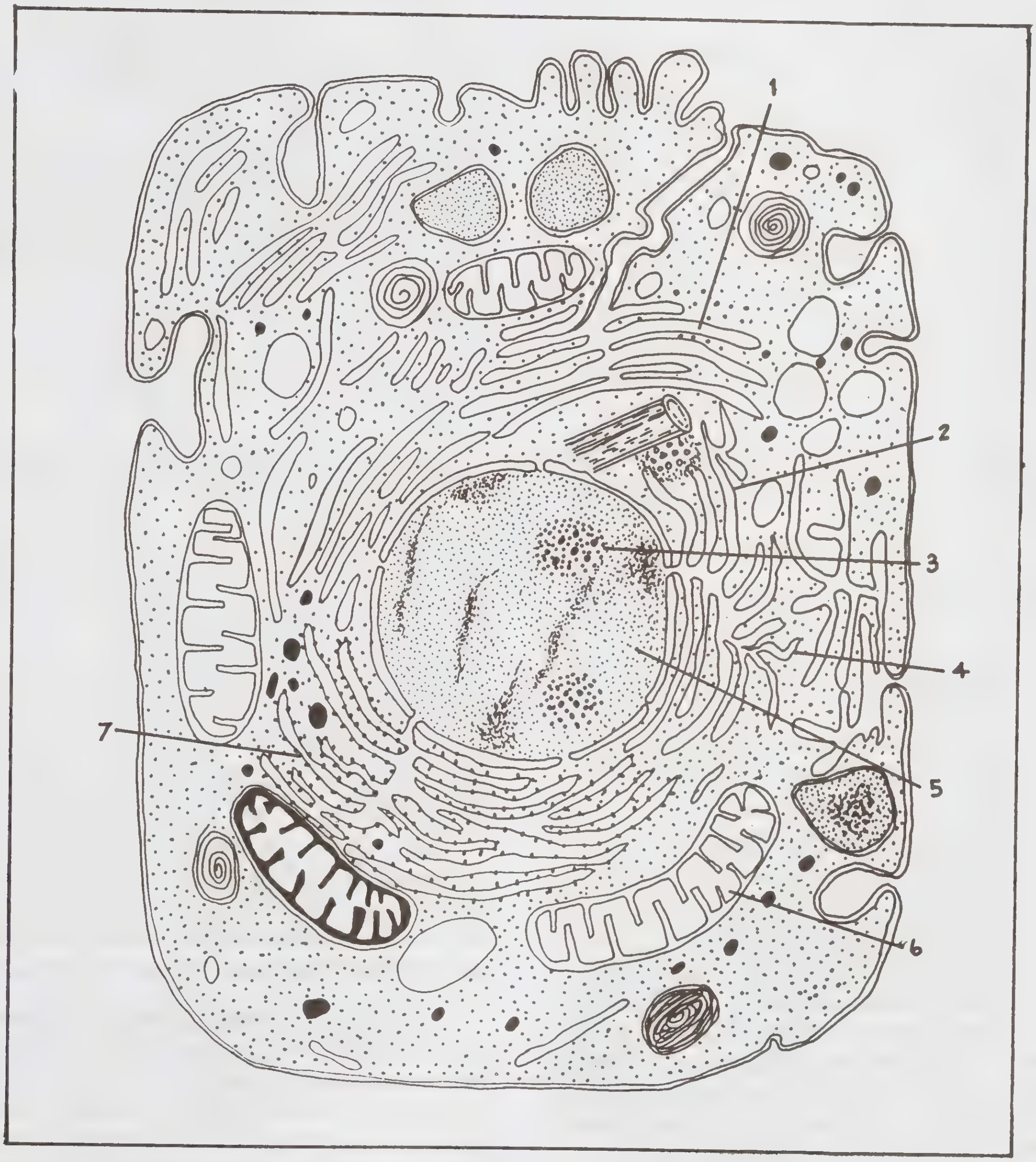
xஐக் குறித்து இருபக்கங்களையும் வகையீடு செய்தல் வேண்டும். f(x) இன் மற்ற உயர்நிலை வகையீடுகளையும் கண்டு கெழுக்கள் காணலாம். இவ்வாறாகச் சில வாய்பாடுகள் மூலம் x இன் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு f(x) இன் பல நிலை வகையீட்டுக் கெழுக்களையும் காணலாம்.

- பங்கஜம் கணேசன்

எண்டோப்பிளாச வலை

உயிரிகளின் செல்களிலுள்ள (cell) சைட்டோப் பிளாசத்துள் (cytoplasm) குறுக்கும் நெடுக்குமாக ஊடுருவிப்பரவி, வலைபோலக் காணப்படும் நுண்

குழாய்களைக் கொண்ட சவ்வினால் ஆன ஓர் அமைப்பே எண்டோபிளாச (endoplasmic reticulum) வலைப்பின்னல் ஆகும். இவ்வலை சுரத்தல் சேமித்தல் பொருள்களையும் அயனிகளையும் (ions) கடத்துதல் போன்ற செல் பணிகளைச் செய்கிறது. இந்த வலைப்பின்னல் தன்னுள் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடைய நீர்மங்களைக் கொண்டுள்ள, குமிழி களையுடைய ஒரு சவ்வு ஆகும். இந்தக் குமிழிகள் சைட்டோப்பிளாசத்தின் உட்பகுதியாகிய அகப் பிளாசத்தில் (endoplasm) அதிகமாகக் காணப்படுவ தால் இது அகப்பிளாச வலை என்று அழைக்கப் படும். செல் நுண் உறுப்புகளுடைய எல்லா உயிரினங் களின் செல்களிலும் இந்த வலை அமைப்பு காணப் படுகிறது. செல் நுண் உறுப்புகளற்ற வைரஸ்,



மின் அணு நுண்நோக்கியில் செல்லினுள் எண்டோபிளாச வலைப்பின்னலின் தோற்றம்.

1. கோல்கித் தொகுப்பு 2. வழவழப்பான அகப்பிளாச வலைஅமைப்பு 3. நியுக்ளியோலஸ் 4. அகப்பிளாச வலை அமைப்பு 5. நியுக்ளியஸ் 6. மைட்டோக்காண்டிரியா 7. சொரசொரப்பான அகப்பிளாச வலை அமைப்பு

பாக்டீரியா, நீலப்பச்சைப் பாசி போன்ற உயிரிகளில் இந்த வலை காணப்படுவதில்லை.

புறத்தோற்றம். இந்த வலை அமைப்பு செய்த் போர்ட்டர் என்பவரால் 1945 ஆம் ஆண்டு கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. இது செல்லுக்குச் செல் வகைகளுக்கு ஏற்ப மாறுபடும் அமைப்பு உடையது. மூன்று விதமான வடிவமைப்புகளில் இதனைக் காண முடிகிறது.

சிஸ்டர்னேக்கள். இவை தனித்தனியாகவும் தட்டையாகவும், நீளமாகவும் உள்ள நீளக்குழல்கள் (வாய்க்கால்கள்) ஆகும். இவற்றின் பருமன் 40-50 மைக்ரான் ஆகும். தண்டுவடம் மூளை ஆகியவற்றிலுள்ள நரம்புச் செல்களில் இந்தச் சிஸ்டர்னேக்கள் அதிகமாக உள்ளன.

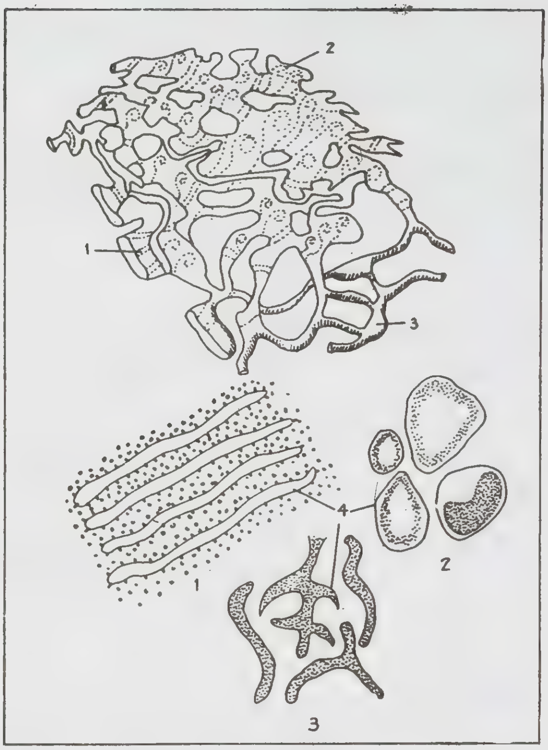
குமிழிகள். இவை சவ்வினால் சூழப்பட்ட, நீர்மம் நிரம்பிய, முட்டைவடிவக் குமிழிகளாகும். இவை தனித்தனியாகவும் பெரியனவாகவும் சிறியனவாகவும் சிறு கட்டங்களாகவும் உள்ளன. இவற்றைக் குறிப்பாகக் கணையத் திசுக்களில் அதிகமாகக் காணலாம்.

நுண்குழல்கள். சிஸ்டர்னேக்களுடனும் குமிழ்களுடனும் பின்னிக்கிடக்கும் கிளைகளுடைய மிகச் சிறுகுழல்களே நுண்குழல்கள் எனப்படுகின்றன. இவற்றின் பருமன் 50-190 மைக்ரான் ஆகும்.

மின்னணு நுண்ணோக்கி வழியாக அகப்பிளாச வலை அமைப்பினைக் கண்டறியும்போது மேலே விவரிக்கப்பட்ட மூன்று வலை அமைப்புகளும் அடங்கிய நுண்ணுறுப்பு, செல்களில் அமைந்துள்ளது என்பதனை உறுதிப்படுத்தலாம். இச்சவ்வின் தடிமன் 50-60 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு ஆகும். ஓர் ஆங்ஸ்ட்ராம் (angstrom) என்பது ஒரு மில்லிமீட்டரில் மில்லியனில் ஒரு பங்கு ஆகும்.

இந்தவலை அமைப்பு மூன்று அடுக்குகளால் ஆகிய சவ்வு உடையதாகும். நுண்ணுறுப்புகளின் சவ்வும், செல்லின் புறச்சவ்வும் ஒரே அடிப்படை அமைப்பு உடையன. இவற்றில் மூன்று அடுக்குகள் உள்ளன. மூன்று அடுக்குகளுள் இரண்டு அடுக்குகள் புரத அடுக்குகளாகும். இவ்விரண்டிற்குமிடையில் ஒரு லிப்பிட் கொழுப்பு அடுக்கு இருக்கும். அனைத்துச் சவ்வுகளும் மூன்றடுக்குகள் உடையனவே ஆயினும், ஒவ்வொரு சவ்வும் அதில் காணப்படும் நொதிகளின் தன்மையால் அவற்றின் செயல்திறம் வேறுபடும். செல்சவ்வு, கோல்கித்தொகுப்பு ஆகியவற்றுடன் அகப்பிளாச வலை அமைப்பு நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளது.

இந்த அகப்பிளாச வலை அமைப்பு இரண்டு வகையான தோற்றங்களைப் பெற்றுள்ளது. புரதம் தயாரிக்கும் ரைபோசோம்கள் பல இடங்களில் இதன் மீது ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும். அந்தப் பகுதி சொர



பிளாச வலைப்பின்னலின் இருவிதத் தோற்றம்.

1. ரைபோசோம்கள் 2. சொரசொரப்பான பிளாச வலைப் பின்னல் 3. வழவழப்பான எண்டோபிளாச வலைப்பின்னல்
1. சிஸ்டர்னேக்கள் 2. வெசிக்கிள்கள் 3. ட்யூபியூல்கள் 4. ரைபோசோம்கள்.

சொரப்பான அகப்பிளாச வலை எனப்படும். ஏனைய பல இடங்களில் சவ்வின் மேற்பரப்பில் ரைபோசோம்கள் இருப்பதில்லை. இந்தப் பகுதி வழவழப்பான வலைப்பகுதி எனப்படுகிறது. இந்த இரண்டு வகைத் தோற்றமும் ஒரே செல்லில் காணப்படுகிறது.

அகப்பிளாச வலை அமைப்பின் தோற்றமும் செயல்பாடுகளும். அகப்பிளாச வலை அமைப்பு நியுக்ளியசின் புறச்சவ்விலிருந்து தோன்றுகிறது எனக் கருதப்படுகிறது. ஆனால் சிலர் இது செல் சவ்விலிருந்து தோன்றுகிறது என்று கூறுகின்றனர்.

அகப்பிளாச வலை அமைப்பின் செயல்பாடுகள். அகப்பிளாச வலை அமைப்பு சுரத்தல், சேமித்தல், வழங்கல், உணர்வுகளைக் கடத்துதல் முதலிய பணிகளைச் செய்கிறது. இந்த வலை அமைப்பு ஒரு சட்டகம் போலச் சைட்டோபிளாசத்திற்குப் பற்றுக்கோடாயுள்ளது. செல்லினுள்ளும், வெளியிலும் நீர்மங்களும், வளிமங்களும் அயனிகளும் ஊடுருவிக் கடந்து செல்ல இது பயன்படுகிறது. இன்றியமையா ஆக்க வேலைகளுக்குப் பயன்படும் பல நொதிப் பொருள்கள் இதில் உள்ளன. இவற்றின் உதவியால் புதிய பொருள்களை உற்பத்தி செய்வதுடன்

வளர்சிதை மாற்றப் பணிகளையும் செய்கிறது. நரம்புத் தூண்டல் உணர்வுகளைக் கடத்துகிறது. செல்களின் உள்ளே வருகின்ற பல வேதிப்பொருள்களின் நச்சுத் தன்மையை அகற்றிச் செல்களைப் பாதுகாக்கிறது. செல் பகுபடுதலுக்குப் பிறகு புதிய நியுக்ளியச் சவ் வினைத் தோற்றுவிக்கிறது.

பொதுவாக இரண்டு வகை வலை அமைப்புகளும் மேற்கூறிய வேலைகளைச் செய்கின்றன என்றாலும் அவை ஒவ்வொன்றும் தனித்தனியே தங்களுக்கே உரிய சில வேலைகளைச் செய்கின்றன. ரைபோசோம் கள் நிறைந்த சொரசொரப்பான வலை அமைப்புப் பகுதி புதிய புரதப்பொருள்களை உருவாக்குகிறது. கொழுப்புச் சத்துகளை உருவாக்குதல், விலங்கிற்குப் போதுமான உணவு கிடைக்காத காலங்களில் குளுக் கோஸ் பொருளைச் சிதைத்து அதனை மூலப்பொருள் களாக்கி உணவாகப் பயன்படுத்துதல், கொலஸ்ட் ரால்கள், டெஸ்டோஸ்டீரோன்கள், புரோஜெஸ் டீரோன், ஹார்மோன்கள், கிளிசரைடுகள் முதலிய வற்றைத் தயாரித்து அளித்தல் என்பன வழவழப்பான வலை அமைப்பின் பணிகளாகும்.

- ஆ. ந. ரங்காராம்

எண்டோபுரோக்ட்டா

முதுகெலும்பற்ற விலங்குகள் எட்டுப் பெரும் தொகுதி களாகவும் பதினேழு சிறு தொகுதிகளாகவும் பிரிக்கப் பட்டுள்ளன. எண்டோபுரோக்ட்டா (endoprocta) என்பது மூன்று குடும்பங்களாக உள்ள அறுபது இனங்களைக் கொண்ட ஒரு சிறு தொகுதியாகும்.

கிரேக்க மொழியில் எண்டான் (endon) என்றால் உள்ளுக்குள் (within) என்றும், புரோக்ட்டோ (procta) என்றால் மலப்புழை (anus) என்றும் பொருள். என்டோபுரோக்ட்டாவைச் சார்ந்த விலங்குகளின் வாயும் மலப்புழையும் எதிரெதிராக உணர்நீட்சி களின் மகுடத்தினுள் அமைந்துள்ளன. இவற்றிற்கு எண்டோபுரோக்ட்டா என்ற பெயர் 1870 ஆம் ஆண்டில் நிட்ஸ்சி என்பாரால் இடப்பட்டது. இதற்கு முன்னர் எண்டோபுரோக்ட்டாவும், எக்டோ புரோக்ட்டாவும் பிரையோசோவா என்னும் சிறு தொகுதியில் சேர்க்கப்பட்டிருந்தன.

எண்டோபுரோக்ட்டா நுண்ணிய, எளிய அமைப் புடைய தனித்த அல்லது கூட்டுயிரியாகக் கடல்நீர் அல்லது நன்னீரில் பற்றிடத்தைப் பற்றி வாழும் உயிரிகள். இவற்றில் போலி உடற்குழியும் U வடிவ உணவுப்பாதையும் உண்டு. சுடர்ச்செல்களில் முடி வுறும் ஓர் இணை முன்னோடி நெஃப்ரீடியங்கள் கழிவுறுப்புகளாகச் செயல்படுகின்றன. இனப்பெருக்க நாளங்களைக் கொண்ட எளிய இரண்டு இனப் பெருக்க உறுப்புகள் இவற்றிற்கு உண்டு. வாழ்க்கைச் சூழற்சியில் டிரோக்கோஃபோர் இளவுயிரி காணப்படுகிறது.

வாழுமிடம். கடல் நீரில் உள்ள கடல் தாவ ரங்கள், கற்கள், குச்சிகள், ஓடுகள், கடற்பஞ்சுகள், கடல் நண்டுகள் ஆகியவற்றைப் பற்றிக் கொண்டு எண்டோபுரோக்ட்டா வாழ்கின்றது. மைசோமா லோக்சோசோமா, பெடிசெல்லினா ஆகியவை கடல் எண்டோபுரோக்ட்டாக்களுக்கு எடுத்துக்காட்டாகும். அர்னடெல்லா என்னும் ஓர் இனம் மட்டும் நன்னீரில் பற்றிடத்தைப் பற்றி வாழ்கின்றது.

5 மி.மீ. அளவுடைய இந்த எண்டோபுரோக்ட் டாக்கள் ஹைட்ராய்டு பாலிப்புகளைப் போன்று காணப்படுகின்றன. ஆனால் எண்டோபுரோக்ட் டாவின் உணர்நீட்சிகளில் குற்றிழைகள் (cilia) காணப்படுகின்றன.

அமைப்பு. எண்டோபுரோக்ட்டாவின் உடல் கண்டங்களற்றும், மூவடுக்கு உடற்சுவருடனும் இரு பக்கச்சமச்சீர் அமைப்புக் கொண்டுள்ளது. எண்டோ புரோக்ட்டாவின் உடலை உணர்நீட்சிகளின் மகுடம், தலை, காம்பு, தண்டு, அடித்தட்டு என்று ஐந்து பாகங் களாகப் பிரிக்கலாம். எண்டோபுரோக்ட்டாவின் கிண்ணம் போன்ற தட்டையான பாகம் தலை எனப் படுகின்றது. தலை உள்ளுறுப்புகளைக் கொண்டுள்ளது. தலையின் விளிம்பு வட்டவடிவமாக உள்ளது. இதற்கு லோபோபோர் என்று பெயர். இதனைச் சுற்றி ஒத்த நீளமுடைய, நீண்டு சுருங்கக்கூடிய, குற்றிழை களைக் கொண்ட உணர்நீட்சிகள் 8 - 30 வரை காணப்படுகின்றன. உணர்நீட்சிகளின் அடிப்பகுதியில் குற்றிழைகளைக் கொண்ட ஒரு பள்ளம் உண்டு. இதற்கு வெஸ்டிபியூல் அல்லது ஏட்ரியம் என்று பெயர். இதில் வாய் மலத்துளை, கழிவு நீக்கத்துளை இனப்பெருக்க நாளத்துளை ஆகியவை காணப்படு கின்றன.

தலை சுருங்கி நீளக்கூடிய காம்புடன் இணைந் துள்ளது. காம்பு, தலையிலிருந்து ஒரு மெல்லிய உடல் சுவரால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. காம்பின் அமைப்பைக் கொண்டு எண்டோபுரோக்ட்டாவை வகைப்படுத் தலாம். சிலவற்றில் காம்பு மென்மையாகவும், சில வற்றில் சிறு முள்களைக் கொண்டும், சிலவற்றில் மணிகள் கோத்தாற்போன்றும் காணப்படும்.

என்டோபுரோக்ட்டாவின் உடலைச் சுற்றிப் பாதுகாப்பிற்காக உடல் மேல்தோல் காணப்படு கின்றது. உணர்நீட்சிகளில் மேல்தோல் இல்லை. மேல்தோலின் அடியில் கியூபாய்டு செல்களும், சுரப்பிச் செல்களும், தொடு உணர்ச்சி நரம்புச் செல் களும் ஒரே வரிசையில் அமைந்துள்ளன. இதற்குப் புறப்படை என்று பெயர். இதன் கீழ், நீள்தசைகள்

காணப்படுகின்றன. வட்டத்தசைகள் உணர்நீட்சிகளிலும், குறுக்குத்தசைகள் தலையிலும் அமைந்துள்ளன.

உணர் நீட்சிகளின் உட்பகுதிகள், காம்பு, உடல் சுவருக்கும், உணவுப்பாதைக்கும் உள்ள இடைவெளி ஆகிய இடங்களில் உடற்குழி இல்லை. இதற்குப் பதிலாக அமீபாய்டு செல்களைக் கொண்ட ஊண் பசையினாலான பாரன்கைமா என்னும் இணைப்புத் திசு காணப்படுகின்றது. இதன் காரணமாக எண்டோபுரோக்ட்டாவைப் போலி உடற்குழியுடைய உயிரி என்பர். எண்டோபுரோக்ட்டாக்கள் கடல்நீரில் உள்ள டயாட்டம்கள், டெஸ்மிடுகள், ஒரு செல் உயிரிகள் ஆசியவற்றை உட்கொள்கின்றன. உணர்நீட்சிகளில் உள்ள குற்றிழைகள் நீரில் உள்ள உணவுப் பொருளைத் தொண்டைக்குழலில் தள்ள, உணவு அங்கிருந்து பின்னர் வாயை அடைகின்றது.

எண்டோபுரோக்ட்டாவில் மூச்சுவிடுதல் உடற்பரப்பின் வழியாக நடைபெறுகின்றது. தலையில் அமைந்துள்ள இணையான முன்னோடி நெஃப்ரீடியாக்கள் உடலில் ஏற்படும் யூரிக் அமிலம், குவானின் ஆகிய கழிவுப் பொருள்களை வெளியேற்றுகின்றன.

எண்டோபுரோக்ட்டாவில் இரைப்பைக்கும் வெஸ்டிபியூலிற்கும் இடையே ஒரு நரம்புச் செல்திரள் அமைந்துள்ளது. இதிலிருந்து உணர்நீட்சிகள், கேலிக்ஸ், காம்பு, இனப்பெருக்க உறுப்புகளுக்கு நரம்புகள் செல்கின்றன.

ஆண், பெண் எனத் தனித்தனியாகச் சில எண்டோபுரோக்ட்டாக்கள் உள்ளன. இருபால் இனப்பெருக்கச் சுரப்பிகள் ஒரே விலங்கிலும் காணப்படுகின்றன. இரைப்பைக்கும் வெஸ்டிபியூலிற்கும் இடையே எளிய அமைப்புடைய இரண்டு இனப்பெருக்கச் சுரப்பிகளான விந்தகம் அல்லது அண்டகம் காணப்படுகின்றது. ஒவ்வொன்றிலிருந்து வரும் நாளாங்களும் இணைந்து ஓர் இனப்பெருக்கத் துளைக்குள் செல்கின்றன. விந்துகள் நீளிழைகளைக் கொண்டுள்ளன. அண்டமும் விந்தும் இணைந்து கலவி இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகின்றது. கருவுறுதல் இனப்பெருக்க நாளத்தில் நடைபெறுகின்றது. இனப்பெருக்கத் துளைக்கும் மலக்கூம்பிற்கும் உள்ள இடைவெளிப்பள்ளம், அடைகாக்கும் பை எனப்படுகின்றது. கருமுட்டை அடைகாக்கும் அறையில் வளர்ச்சியடைந்து டிரோக்கோஃபோர் இளவுயிரியாக வெளிவருகின்றது. இது சிறிது காலம் நீரில் நீந்தி வாழ்ந்து பின்னர் வளர் உருமாற்றம் அடைந்து பற்றிடத்தைப் பற்றி எண்டோபுரோக்ட்டா ஆகின்றது.

எண்டோபுரோக்ட்டா மொட்டுவிடுதல் முறையில் கலவியிலா இனப்பெருக்கத்தையும் மேற்கொள்கின்றது. சாதகமற்ற சூழ்நிலையில் தலைப் பகுதி மட்டும் உதிர்ந்து விடுகின்றது. ஆனால் காம்பு. தண்டு ஆகிய பகுதிகள் உயிருடன் காணப்படுகின்றன. இவை ஏற்ற சூழ்நிலை வந்த காலத்தில் புதிய தலைகளை மீட்பாக்கம் செய்து கொள்கின்றன.

எண்டோபுரோக்ட்டாவுக்கும் கோலோதீகாசிய வகைச் சக்கர உயிரி (rotifera)க்கும் இனவுறவுகள் உண்டு.

சில எண்டோபுரோக்ட்டாக்கள்

பெடிசெல்லினா. கடல் நீரில் கூட்டுயிரியாக வாழும் பெடிசெல்லினா, கிளைகளை உடைய தண்டையும் முள்களைக் கொண்ட நீண்ட காம்புகளையும் கொண்டுள்ளது. செம்பழுப்பு நிறமுடைய இவ்வுயிரியல் உணர் நீட்சிகள் 12-24 வரை உள்ளன. காம்பும் தலையும் ஓர் இடைச்சுவரால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

லாக்சோசோமா. கடல் நீரில் தனித்து வாழும் இவ்வுயிரியில் உணர்நீட்சிகள் 22-26 வரை காணப்படுகின்றன. எளிதில் ஒட்டிக்கொள்ளும் தட்டைப் பெற்றுள்ள இவ்வுயிரி பற்றாத நிலையில் கம்பளிப்புழுப் போல ஊர்ந்து செல்லும் இயல்புடையது.

அர்னட்டெல்லா. நன்னீரில் வாழும் இக் கூட்டுயிரியின் காம்பு, கணுக்களையும் கிளைகளையும் கொண்டுள்ளது. இதற்குப் பொதுவாக அடித்தட்டு உண்டு.

- காந்தா பாலசுப்பிரமணியன்

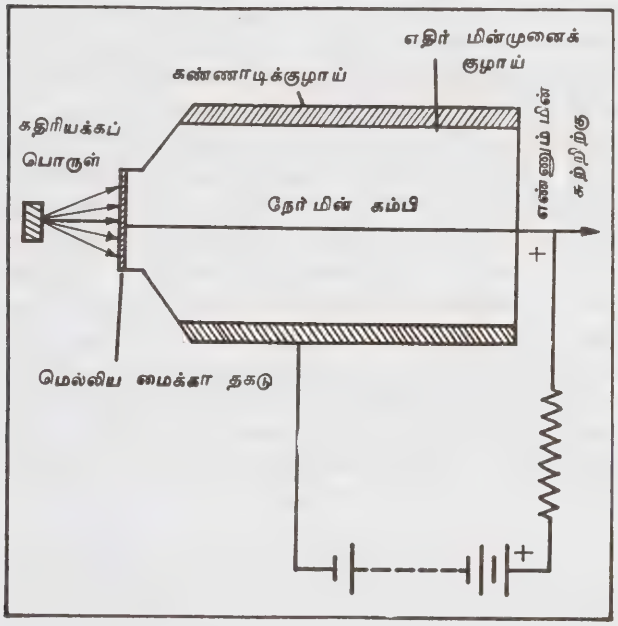
எண்ணுக்கருவி

கதிரியக்கத் தனிமத்தின் கதிர் வீச்சினையும், அதன் பண்புகளையும் வெளிவரும் துகள்களின் அயனியாக்கும் திறன் மற்றும் ஒளிவேதியியல் வினைகளைக் கொண்டும், கடின ஒளி குவாண்டா மற்றும் மின்னூட்டமுள்ள துகள்கள் காந்தப்புலத்தில் விலக்கப்படும் தன்மை ஆகியவற்றைக் கொண்டும் அறிந்து கொள்ள முடியும். இதன் அடிப்படையில் கதிர் வீச்சினையும், அதன் பண்புகளையும் அறிய அமைக்கப்பட்ட கருவியே எண்ணுக்கருவிகள் (counters) ஆகும். இவை ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் கதிர் வீச்சின் அயனியாக்கும் திறனைக் கணக்கிட உதவுகின்றன. கீகர் எண்ணுக்கருவி, சுடர்ப்பொறி எண்ணி ஆகியவை எண்ணுக் கருவியில் முக்கியமானவை.

கீகர் எண்ணுக்கருவி. இக்கருவி கதிர்போன்ற மின்காந்த அலைகள், துகள்கள், துகள்கள் போன்ற மின்னூட்டமுள்ள துகள்கள், இவற்றைக் கண்டறியவும், அவற்றின் செறிவை அளவிடவும் பயன்படுகிறது. 1911 இல் எர்னஸ்ட் ரூதர் போர்ட்,

ஹான்ஸ்கீகர் இருவராலும், பின்னர் 1927 இல் கீகர், முல்லர் இருவராலும் இக்கருவி உருவாக்கப்பட்டது.

யுரேனியம் கனிமப் பொருள் இருக்குமிடங்களை அறிய, மருத்துவத்துறையில் எக்ஸ் கதிர்களை அளவாகப் பயன்படுத்த, மிகச் சிறிய அளவில் வெளிவிடும் கதிரியக்க அணுக்களின் அரை வாழ்வை அறிய இது பயன்படுகிறது. உயிர்ப் பொருள்களில் கதிர் வீச்சணுக்கள் செல்லும் பாதையைக் காணவும் பயன்படுகிறது.



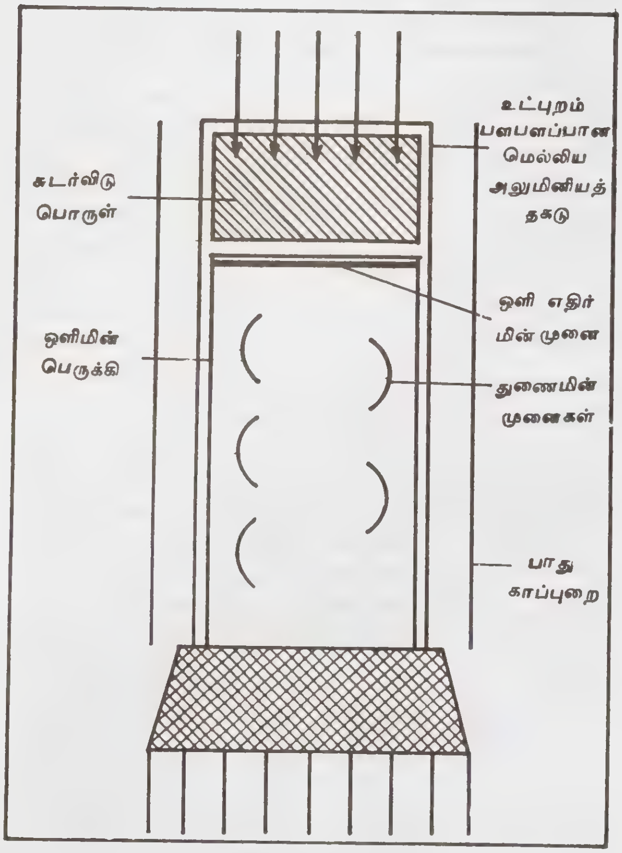
படம் 1.

கீகர் குழாயினுள் குறைந்த அழுத்தத்தில் வளிமம் உள்ளது. எதிர்மின், நேர்மின் முனைகளுக்கிடையே 600-1500 வோல்ட் மின்னழுத்தமிருக்கும். இம்மின்னழுத்தம், அக்குழாயில் மின் பாய்ச்சலுக்குத் தேவையானதை விடச் சற்றுக் குறைவாகும். குழாயிலுள்ள வளிமம் ஆர்கான், நியான், மீதேன், குளோரின் அல்லது ஆல்கஹால் வளி இவற்றில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட கலவையாகும்.

கதிர்வீச்சு அல்லது மின்னூட்டமுள்ள துகள்கள் குழாயினுள் செல்லும்போது மோதலால் வளிம மூலக்கூறு அல்லது அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படுகிறது. இதன் மோதலால் மேலும் அயனிகள் ஏற்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின் கம்பிக்கும் நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின் குழாய்க்கும் இழுக்கப்பட்டுத் துடிப்பு மின்பாய்ச்சல் மிகக் குறுகிய நொடிப் பகுதியில் நிகழ்கிறது. எண்ணும் மின்சுற்றில் ஓர் எண்ணாக இந்நிகழ்வு பதிவாகிறது. இது நிகழ்த்தப்பட்டவுடன், நொடியின் மிகமிகச் சிறிய பகுதிக்குள், குழாயிலுள்ள வளிமம் முந்தைய நிலையை அடையவேண்டும். இத்தணிப்பு (quenching) மீத்தேன் அல்லது ஆல்கஹால் வளிமத்தால் தூண்டப்படுகின்றது.

சுடர்ப் பொறி எண்ணி. சில பொருள்களில் ஒரு கதிரோ மின்னூட்டமுள்ள துகளோ செல்லும்போது அப்பொருளிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றல் பெற்று, உயர் ஆற்றல் நிலைக்குத் தள்ளப்படுகின்றன. மீண்டும் முன்னிருந்த ஆற்றல் நிலைக்கு அவை வருகையில், ஒளி வெளியாகிறது. பொறி உமிழ் தன்மை இக்கருவியில் கதிர்கள் அல்லது துகள்களை எண்ணப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பொறி உமிழ் பொருளிலிருந்து வெளியாகும் ஒளி அப்பொருளினுள் நன்கு ஊடுருவிச் செல்ல வேண்டும். அத்தகைய ஒளி மிகக்குறைவாக உள்ளதால் இக்கருவியில் ஒளிமின் பெருக்கி இணைக்கப்பட்டு, எண்ணும் மின்சுற்றிற்குத் துடிப்பு மின் பாய்ச்சலாகச் செல்கிறது.

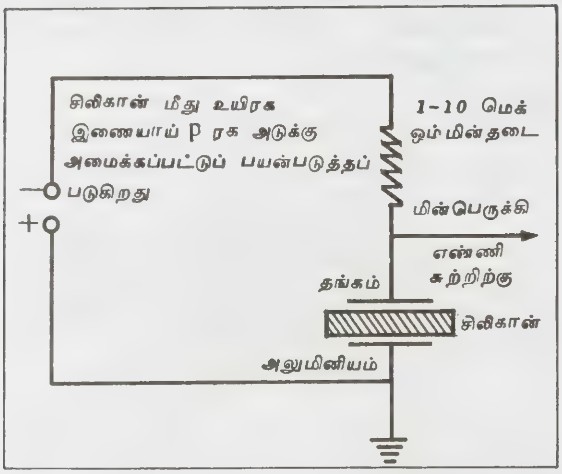


படம் 2.

ஒளி எதிர் மின்முனை, துணைமின் முனை (dynodes) இவை தக்க மின்னழுத்தத் துகளில் இருக்கும். பொறி உமிழ் பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி, ஒளி எதிர்மின் முனைத் தகட்டில் படும்பொழுது

எலெக்ட்ரான்கள் வெளித் தள்ளப்படும். இவை துணை முனைகளால் இழுக்கப்பட்டு, படிப்படியாக அதிகரித்து, எண்ணும் மின் சுற்றிற்குச் செல்கையில், எண்ணிக்கையும் பதிவாகும்.

மிகக் குறைந்த அளவு எண்ணிகள். மிகச் சிறிய அளவு கதிரியக்கத்தை அறியவும், எண்ணவும், பின்னணிக் கதிரியக்கத்தைத் தவிர்க்கும் திறனுள்ள கருவி தேவைப்படுகிறது. நீண்டகால அரை வாழ்வு நேர ஐசோடோப்புகள், அண்டங்களிலிருந்து புவிக்கு வரும் கதிர்கள், அணுக்கருக்கள் எதிர்வினையில் விளையும் துகள்கள், இவற்றைக் கணக்கிட, உள்ளுறை ஆய்வு எண்ணிகள், திண்ம (solid) எண்ணிகள், பி.என் இணைப்பு எண்ணிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.



படம் 3.

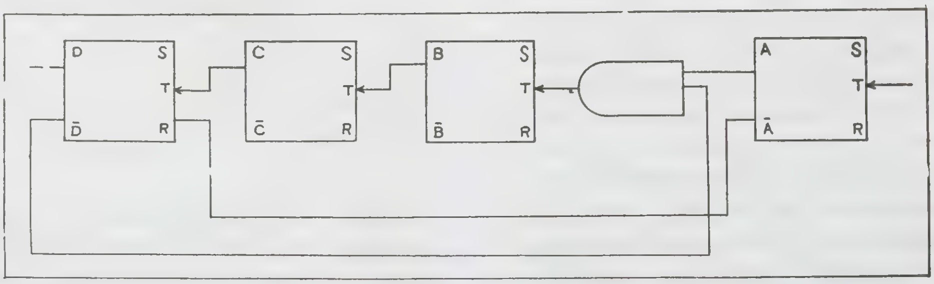
''குதி கடத்தியால் கண்டறியும் கருவி.** சில திண்மக் குறை கடத்திகளின் மிகக் குறைந்த ஆற்றலுள்ள மின் துகள்களால், எலெக்ட்ரான் துளை இரட்டைகள் பல உருவாகின்றன. பி. என். இணைப்புக் கருவியில், மிக நுண்ணிய மாறுதல்கள் பதிவாவதுடன் எஞ்சிய மின் கடத்துதலும் மிகக் குறைவாக உள்ளது.

- த. கமலக்கண்ணன்

எண்ணும் மின்சுற்று

இலக்கமுறைச் சுற்றுகளில் மின்துடிப்புகளைக் கணக்கெடுக்க எண்ணும் மின்சுற்றுகள் (counting circuit) பயன்படுகின்றன. இவ்வகையான மின்சுற்றுகள் இலக்கமுறை மின்அளவிகளிலும் கணிப்பொறிகளின் பல இடங்களிலும் தேவைப்படுகின்றன. தசமத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு எண்ணும் மின்சுற்றைத் தசம எண்ணி (decade counter) என்றும் இரும எண்களை அடிப்படையாகக் கொண்டதை இரும எண்ணி (binary counter) என்றும் கூறுவார்கள். மேலும் குமிழி எண்ணி (ripple counter), வளைய எண்ணி (ring counter) என்று பலவகையுண்டு. பலவழி மின் அதிர்வான்கள் (multi vibrators) கொண்டு இவ்வெண்ணும் சுற்றுகள் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. இருநிலை மின் அதிர்வான் (bistable multivibration) (or) flip-flap) எனப்படுவது ஒரு வகைப் பலவழி மின் அதிர்வானாகும். தேவைக்கேற்றவாறு இம்மின் அதிர்வான்களைத் தொடர்வரிசையில் தொடுத்துப் பின்பு, தேவைப்படும் பகுதிக்கு மின்னூட்டம் கொடுத்து (feed back) எண்ணும் சுற்றுகள் அமைக்கப் படும். மிகவும் அதிகமாகப் பயன்படுவது தசம எண்ணும் சுற்றாகும். R-S என்னும் இருநிலை மின் அதிர்வான் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட தசம எண்ணி படம்-1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இத்தசம எண்ணியில் A, B, C, D என்ற நான்கு R-S இருநிலை அதிர்வான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. R-S என்ற அதிர்வானின் நிலைகள் A மற்றும் $\bar{A}$ என்றும் காட்டப்பட்டுள்ளன. A என்பது 1 என்ற நிலையானால் $\bar{A}$ என்பது 0 என்ற நிலையாகும். தொடக்கத்தில் எல்லா இருநிலை அதிர்வான்களும் 0 என்ற நிலையிலிருந்தால் மின்துடிப்புகளுக்குப் பின் கொடுக்கப்படும்போது அட்டவணை 1- இல் கொடுத்துள்ளவாறு A, B, C, D இருநிலை அதிர்வான்களின் நிலை மாறுபடும். 10 மின் துடிப்புகளுக்குப் பின் மீண்டும் 0 என்ற பழைய நிலையை அடையும். இவ்வாறு பல அடுக்குகள் தொடர்ச்சியாகத் தொடுக்கும் போது மின்துடிப்புகளைத் தசம எண்களில் எண்ணுவது எளிதாகிறது.



படம் 1. தசம எண்ணி

எண்ணிக்கை	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

- க.அர. பழனிச்சாமி

எண்ணெய் உலை

எரி பற்றுதலுக்கு உரிய புதை எரிபொருள் எண்ணெயைக் கனற்சிக்குள்ளாக்கி வேதி ஆற்றலை வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றும் எரி கலமே (combustion chamber) எண்ணெய் உலை எனப்படும். எண்ணெய் உலைகளுக்குச் செலுத்தப்படும் எரி பொருள் 18000-20000 கலோரி வரை வெப்ப அளவைப் பெற்றிருக்கும். இவ்வெரிபொருளின் தீப்பற்று வெப்பநிலை (flash point) குறைவாகவே இருக்கும். சில எண்ணெய் உலைகளில் முன் சூடாக்கிகள் பொருத்தப்படுவதுண்டு. இத்தகைய உலைகளில் தீப்பற்று வெப்ப நிலை சற்று அதிக அளவில் இருக்கும்.

எண்ணெய் உலைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருளாகிய எண்ணெய் மிகு கவனத்துடன் எடுத்துச் செல்லப்பட்டுத் தேக்கி வைக்கப்பட்டுப் பின் எரிபற்றுதலுக்கு உள்ளாகிறது. இவ்வாறு தனிக் கவனத்துடன் எண்ணெய் உலைகள் இயக்கத்திற்கு உள்ளாக்கப்படுவதால் எரிபொருள் முழுமையான அளவில் எரிபற்றுதலுக்கு உள்ளாகும்போது வெப்ப இழப்பு மிகக் குறைவாகவே இருக்கும்.

வணிகத்துறையிலும், வீடுகளிலும் பயன்படும் சிறு எண்ணெய் உலைகள், தானியங்கு (automatic) முறையில் வெப்பநிலைப்பியில் (thermostat) உள்ளன. இங்ஙனம் வெப்பநிலைப்பியைக் கொண்டு இடைவிட்டு (intermittent) இயங்கும் உலைகள் பெரும் அளவு திறனைப் பெற்றிருக்கும். அதிக செயல் திறனைப் பெற வேண்டுமானால் எண்ணெய் உலைகள் வெப்பத்தை உள்ளேற்கும் பரப்புகளை, வெப்பச்சலன முறையில் உள்ளேற்கும் வெப்பப் பரப்புகளாகப் பெற்றிருக்க வேண்டும். எண்ணெய் உலையின் அளவீட்டைக் கருத்திற் கொள்ளும்போது ஒரு மணி நேரத்தில் செலவிடும் 12-17 கிலோ கிராம் எரிபொருளுக்குச் சிறும அளவு 1 கன மீட்டர் கொள்ளளவாவது இருக்க வேண்டும். எரிவளிமம் நிமிடத்திற்கு 130 மீட்டருக்கும் சற்றுக் குறைவான திசைவேகத்தைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். கொதி கலத்துள் பயன்படும் எண்ணெய் உலைகள் குறிப்பிடத் தக்கவை. எண்ணெய் உலைகளின் பரப்பு வடிவம் உருவாகும் தீப்பிழம்பின் வெளிவட்ட எல்லைக்கு ஏற்றவாறு திட்ட அமைப்பைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

- கே.ஆர். கோவிந்தன்

எண்ணெய் எரிப்பி

எரி எண்ணெயை நீர்ம நிலையிலிருந்து எரிதன்மையுள்ள கலவையாக மாற்றும் கருவி எண்ணெய் எரிப்பி (oil burner) எனப்படுகிறது. உறை குழாய் எரிப்பி, செயற்கைக் காற்றுச்சூழல் எரிப்பி, இயற்கைக் காற்றுச்சூழல் எரிப்பி, சுழலும் சுவர்ச் சுடர் எரிப்பி, காற்றணுவாக்கும் எரிப்பி, அழுத்தத்தினால் அணுவாக்கும் எரிப்பி என எண்ணெய் எரிப்பிகள் பல வகைப்படுகின்றன.

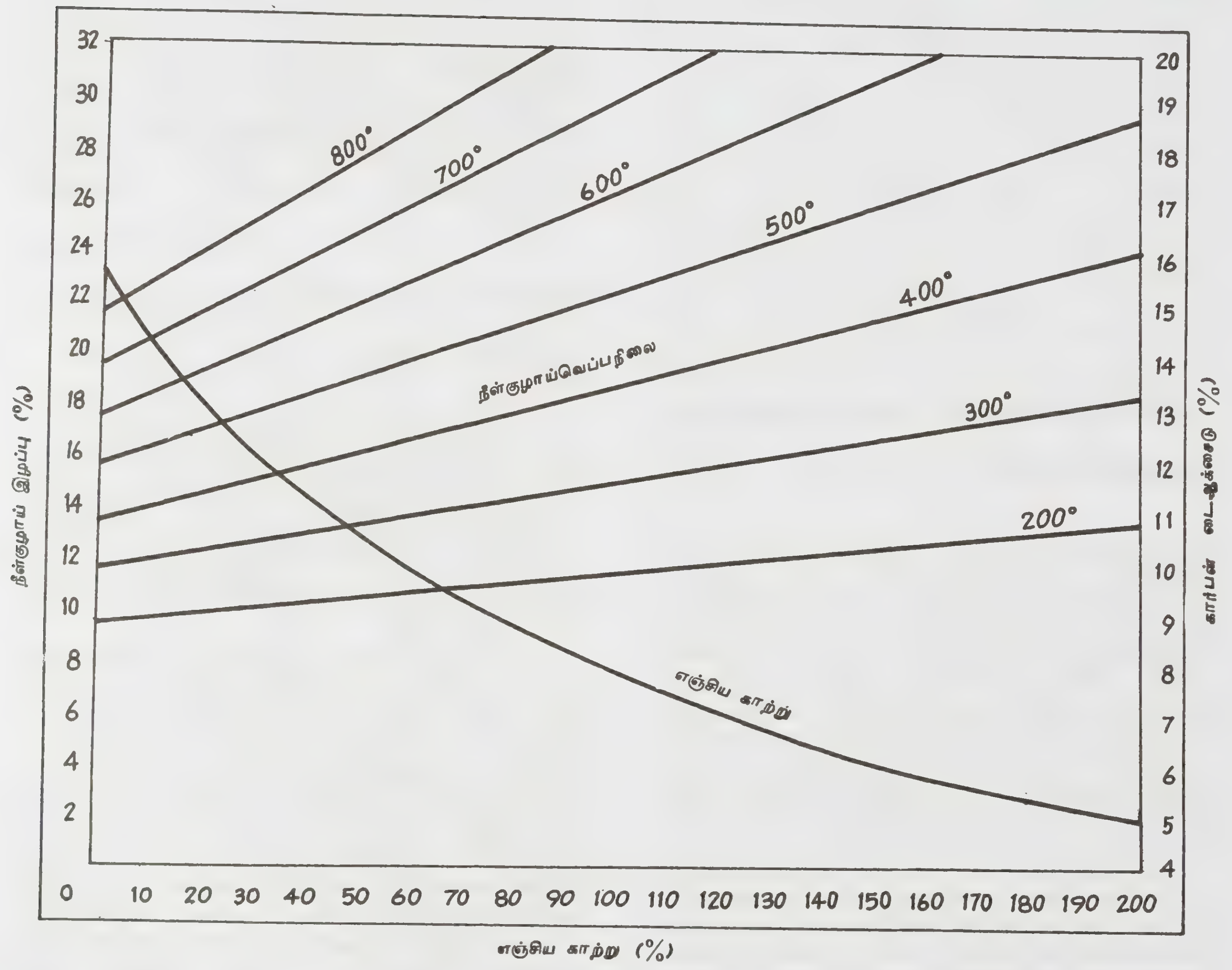
உறைகுழாய் எரிப்பி ஆவியாக்கும் தன்மையின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இயற்கைக் காற்றுச் சூழல் எரிப்பி, நீள்குழாய் உருவாக்கித் தரக்கூடிய காற்றின் அளவு அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. செயற்கைக் காற்றுச் சூழல் எரிப்பி காற்றைப் பெறும் விதத்தில் மட்டுமே இயற்கைக் காற்றுச் சூழல்எரிப்பியில் இருந்து மாறுபடுகிறது. செயற்கைக் காற்றுச் சூழல் எரிப்பி தேவையான காற்றைத் தானே உருவாக்கிக் கொள்கிறது. சுழலும் சுவர்ச் சுடரெரிப்பியில் ஆவியாக்குவதற்கு உதவும் கருவிகள் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. அணுவாக்கும் எரிப்பிகளில் கூம்புக் குழல் (nozzle) மூலம் எண்ணெயைச் செலுத்தி ஆவியாக்கலாம்.

குறைந்த காற்றின் உதவியோடு எண்ணெயை எந்த எரிப்பி முழுமையாக எரியச் செய்கின்றதோ அதுவே மிகத் தரமானதாகக் கருதப்படுகிறது.

திறன். தேவைக்கு அதிகமாகக் காற்று பயன்படுத்தப்படுமேயானால் பயன்படக்கூடிய வெப்பம் பெருமளவு இழக்கப்படுகிறது. மிகையாக உள்ள காற்று வெப்பத்தை ஈர்த்தவாறு நீள்குழாய் எரிந்த

வளிமங்களோடு வெளியேறி விடுவதால் இந்த இழப்பு ஏற்படுகிறது. இந்தக் காற்றின் வெப்பத்தால் எரி குழாயின் உட்புறமும் வெப்பமேறி விடுவதால் எரி நிகழ்வு தாக்கம் அடைகிறது. எரிதலின் திறன் குறைந்து விடுகிறது. கார்பன் டைஆக்சைடு அதிகரிக்க

பிறகு இந்த வரைபடத்திலிருந்து எந்த வெப்ப நிலையில் எத்தனை விழுக்காடு எஞ்சிய காற்று பயன் படுத்தினால் திறன் கெடாமலிருக்கும் என்று கணிக்கப்பட்டு அதற்கேற்ப அக்காற்றின் அளவு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

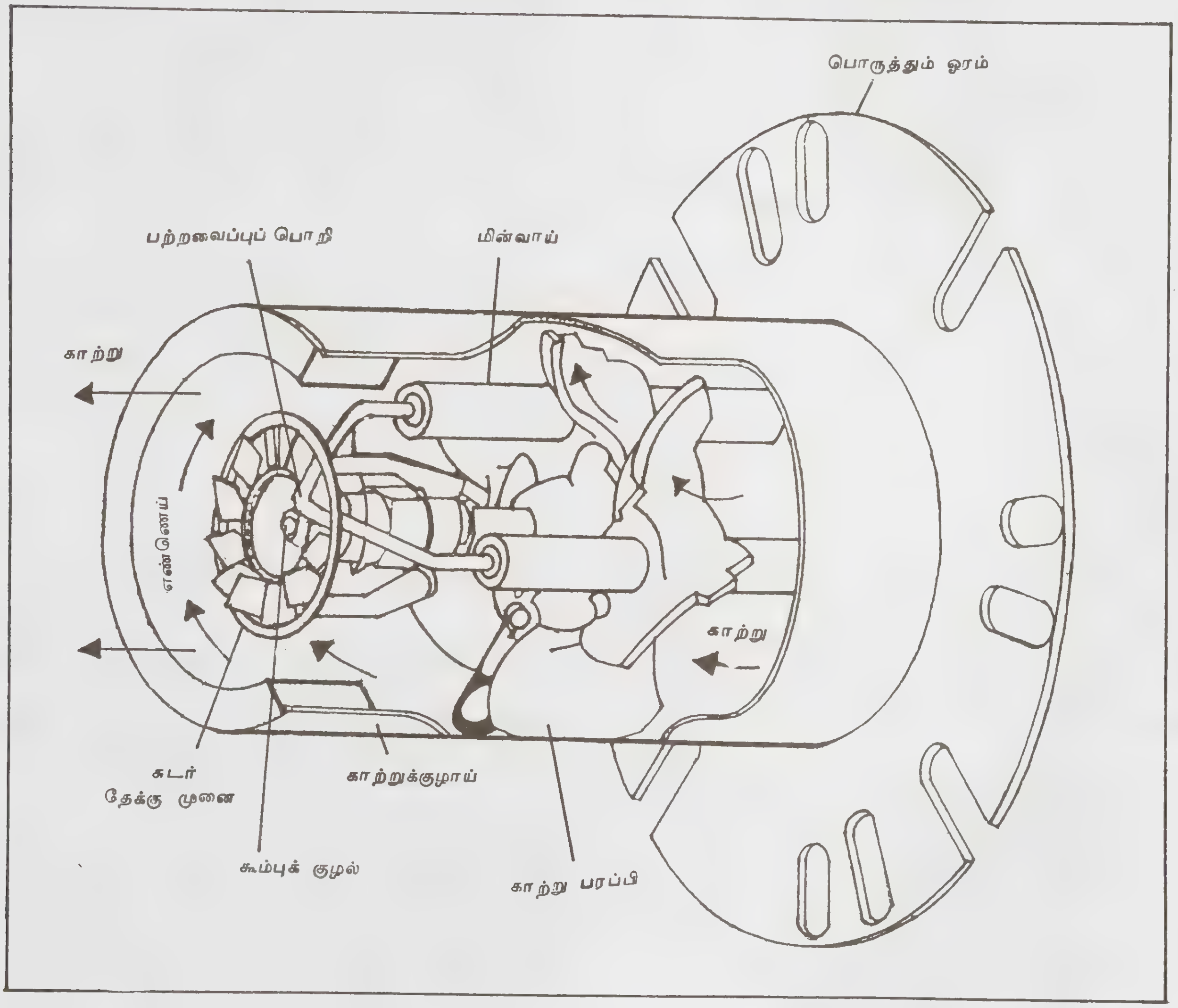


படம் 1. எஞ்சிய காற்றும், வெப்ப இழப்பும்

அதிகரிக்க மிகையான காற்றின் அளவு கட்டுப் பாட்டுக்குள் கொண்டு வரப்படுகிறது. எரிகுழாய் இழப்பு, எரிகுழாய் வெப்பநிலை, எஞ்சிய காற்று இவற்றை இணைத்து ஒரு வரைபடம் வரையப் படுகிறது.

எரிப்பியின் சுடர்முனைக்கு அருகில் பொருத்தப் பட்டுள்ள கருவிகளால் எரிப்பியின் திறனை மிகுதி யாக்க முடியும். கார்பன் டைஆக்சைடினால் எஞ்சிய காற்று கட்டுப்படுத்தப்பட்டாலும் கார்பன் டைஆக் சைடினால் புகையளவு அதிகரிக்கிறது. எடுத்துக்

காட்டாக 1/8 அங்குல புகைப்படிவு ஏற்படுமேயானால் தேவையான எண்ணெயின் அளவு 8% அதிகரிக்கிறது. அதாவது திறன் குறைகிறது. எனவே கார்பன் டைஆக்சைடின் அளவோடு புகைப்படிவும் எரியத் தொடங்குகின்றன. போதுமான அளவுக்குக் காற்றூதிகளிலிருந்து காற்று செலுத்தப்படுமேயானால் பற்றிக்கொண்ட துளிகளைத் தொடர்ந்து நிலையாக எரியச் செய்யலாம் (படம் 3).



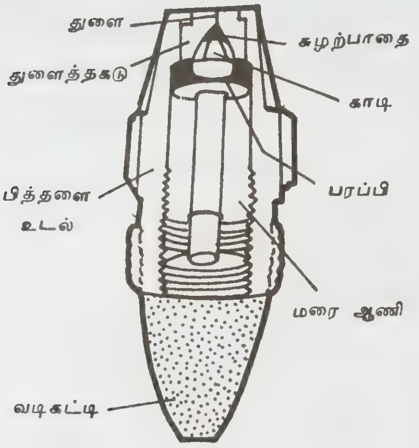
படம் 2 சுடர் தேக்கி எரிப்பி

இவ்வளவு தான் இருக்கலாம் என்று முன்னதாகவே வரையறுக்கப்படுகிறது. இவ்வகையான மிகு திறன் வாய்ந்த சுடர்தேக்கி எரிப்பி படம் 2 இல் தரப் பட்டுள்ளது.

கூம்புக்குழல். இக்குழல் இரு பகுதிகளால் ஆனது. இதன் உட்புறம் பரப்பி எனப்படுகிறது. வெளிப்புறத்தில் எண்ணெயைத் தெளிக்கும் துளை உள்ளது. மிகு அழுத்தத்தினால் எண்ணெய் கூம்புக் குழலின் பரப்பியின் வழியாகச் சுழற்றப்பட்டுத் துளைவழியே தெளிக்கப்படுகிறது. இச்சமயத்தில் தீப்பொறியினால் எண்ணெயத் துளிகள் பற்றி

அழுத்தத்தினால் அணுவாக்கும் எரிப்பியில் மோட்டார், காற்றூதி, உள்ளடக்கும் கூடு, எக்கி, மின்பற்றவைப்புக் கருவி, அணுவாக்கும் குழாய் போன்ற பகுதிகள் இருக்கின்றன.

கொள்கலனில் உள்ள எண்ணெய், எக்கியின் பற்சக்கரங்களால் ஏற்றப்பட்டு அணுவாக்கும் கூம்புக் குழலிற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. எண்ணெயின் அழுத்தத்தை அடைப்பான் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம். பிறகு எண்ணெய் கூம்புக்குழல் வழியே செலுத்தப் பட்டு அணுவாக்கப்பட்டு எரிக்கப்படுகிறது.



படம் 3. கூம்புக்குழல்

அணுவாக்கப்பட்ட எண்ணெய்த் துளிகளை எரிக்க மின்மாற்றிகள் பயன்படுகின்றன. இந்த மின் மாற்றிகள் மின்திறனை 10,000 V வரை அதிகரிக்க வல்லவை. புதிதாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி வகை எரிகருவியில் மின்தேக்கியிலிருந்து வெளிப்படும் மின்திறனை மற்றொரு மின்மாற்றி ஏறக்குறைய 14,000 V வரை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. முனைகளின் இடைவெளியில் மின்பொறி உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த இடைவெளியின் அருகில்தான் அணுவாக்கப்பட்ட துளிகள் விழுகின்றன.

காற்றூதிகளிலிருந்து வரும் காற்றினால் இந்த மின்பொறி போதுமான தூரம் எடுத்துச் செல்லப்பட்டு எண்ணெய்த்துளிகளை அடைகிறது. இதனால் மின் முனைகளை எண்ணெய்க்குள் மூழ்காமல், எண்ணெயோடு தொடர்பே இல்லாமல் பாதுகாப்பான தொலைவில் வைக்க முடிகிறது. இந்த அமைப்பைப் படம் 2 இல் காணலாம்.

கொள்கலன் பொருத்துதல். எரிப்பிகளுக்குத் தேவையான எண்ணெய், பண்படா எண்ணெயை ஆவியாக்கிக் குளிரச்செய்வதன் மூலம் பெறப்படுகிறது. சாதாரண வைப்பு வெப்பநிலைகளில் இந்த எண்ணெய் வெடிக்கும் தன்மையற்றதாக இருக்கும்.

எரிப்பிகளுடன் எண்ணெய்க் கொள்கலனைப் பல்வேறு முறைகளில் பொருத்தலாம். தானியங்கி எண்ணெய் எரிப்பிகளில் மிக முக்கியமான பகுதி முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டுப் பகுதி ஆகும். எரிப்பியில் ஏதேனும் ஒரு பகுதிச் செயல்பாட்டில் ஏதேனும் சிறு தடை ஏற்பட்டாலும் உடனேயே எரிப்பியின் செயல்பாட்டை இந்தக் கருவி நிறுத்தி விடும்.

தவறான காற்று விகிதம், தூசிகளால் வரும் குறைகள், எண்ணெய்ப் பற்றாக்குறை, ஒழுங்கற்ற எரிநிகழ்வு போன்ற தவறுகளிலிருந்து எரிப்பி பாதுகாக்கப்படுகிறது. இத்தகைய கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளின் அண்மைக் கண்டுபிடிப்பு காட்மியம் சல்ஃபைடு கருவி ஆகும். இந்தக் காட்மியம் சல்ஃபைடு கருவி, தீச்சுடரை நோக்கியவாறு பொருத்தப்படுகிறது. மேற்கூறிய தவறுகளில் ஏதேனும் ஒன்று நிகழுமேயானால் காட்மியம் சல்ஃபைடு கருவியின் மின்தடை அதிகரித்து எரிப்பியின் செயல்பாட்டை மிகக்குறைநத கால அளவில் நிறுத்தி விடுகிறது.

பயன்கள். பல வகைப்பட்ட சூடாக்கல், குளிர்வித்தல், பக்குவப்படுத்தல் போன்ற பல துறைகளில் எண்ணெய் எரிப்பி பயன்படுகிறது. மேலும் பல பள்ளிகள், தொழிற்சாலைகள், மருத்துவமனைகளில் கட்டடங்களைச் சூடேற்றுவதற்கு எண்ணெய் எரிப்பி பயன்படுகிறது. உறிஞ்சிக் குளிர்விக்கும் குளிரூட்டும் பெட்டிகளில் எண்ணெய் எரிப்பி மிகுதியாகப் பயன்படுகிறது. கண்ணாடிகளாலான பயிர்வீடுகளில் செடியின் வளர்ச்சியைத் தூண்டி மிகுதிப்படுத்த கார்பன் டைஆக்சைடை உருவாக்க எண்ணெய் எரிப்பிகள் பயன்படுகின்றன.

- வயி. அண்ணாமலை

எண்ணெய்க் குழாய்க் கிணறு திசை விலகல் காட்டி

எண்ணெய் எடுப்பதற்காகக் குழாய்க் கிணறுகள் ஆயிரக்கணக்கான மீட்டர் ஆழத்திற்கு நிலத்தின் அடியில் துளையிடப்படுகின்றன. இவ்வாறு தோண்டப்படும் கிணறுகள் செங்குத்தாகச் செல்லாமல் சற்றே விலகினாலும் எண்ணெய்ப் படிவைச் சென்று அடையாமல் வேறு இடத்தை அடையும் வாய்ப்பு மிகுதி. எனவே குழாய்க்கிணறு தோண்டும்போது அக் கிணறு செங்குத்தாகச் செல்கிறதா அல்லது விலகிச் செல்லுகிறதா என்பதைச் சரியாகத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். இதற்கு உதவும் கருவியே திசை விலகல் காட்டியாகும். இக்கருவி, கிணறு தோண்டும் போது விலகும் திசையையும், விலகு கோணத்தையும் ஒளிப்படமாகக் காட்டுவதால் கிடைக்கும் அளவுகள் மிகவும் நுட்பமாக உள்ளன. இக்கருவி ஸ்லெம் போசர் காட்டி மற்றும் சூர்வெல் காட்டி என இரு வகைப்படும். இருவகைக் கருவிகளிலும் செயல்முறை ஒன்றே. குழாய்க்கிணறு தோண்டும் பொழுது இக் கருவிகள் தொடர்ச்சியாக ஒளிப்படம் எடுத்து விலகு திசையையும், கோணத்தையும் காட்டுகின்றன. கருவி காட்டும் அளவுகளைக் கொண்டு வரைபடம் வரைந்

தால் கிணறு செங்குத்தாகச் செல்கிறதா, விலகிச் செல்கிறதா என்று அறியலாம்.

ஸ்லெம்போசர் காட்டி. இக்கருவி மின்சாரத்தால் இயக்கப்படுகிறது. பாகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட கண்ணாடிக்குழித்தட்டு, உருளும் உலோகப் பந்து, திசை காட்டும் காந்த ஊசி, 35 மி.மீ. ஒளிப்படக் கருவி ஆகியவை இக்கருவியில் சில சிறப்பான பகுதிகளாகும். குழாய்க்கிணறு தோண்டும்போது காப்பிட்ட மின்கம்பிகளால் இணைத்து உள்ளே இறக்கி இக்கருவியை இயக்கினால் காந்த ஊசி திசையையும், கண்ணாடித்தட்டு விலகல் கோணத்தையும் காட்டும் போது, புகைப்படக் கருவி படமெடுக்கிறது. கிணற்றின் ஆழத்தோடு இப்படங்களை ஒருங்கிணைத்துப் பார்த்தால் திசை விலகல் தெரிய வரும்.

சூர்வெல்காட்டி. இக்கருவி உலர் மின்கலங்களால் இயக்கப்படுகிறது. எனவே மின்னாற்றல் இல்லாத இடங்களுக்கும், அதிக ஆழமான கிணறுகளுக்கும் பயன்படும். இக்கருவியில் திசைவிலகல் கிடைமட்டக் கருவி மூலமும், கொட்பு கோணமானி மூலமும் உணரப்பட்டு ஒளிப்படமாக்கப்படுகிறது.

குழாய்க்கிணறு திசை விலகல் காட்டி, பெட்ரோலிய எண்ணெய் எடுக்கும் குழாய்க் கிணறுகளில் முக்கியமாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு கருவியாகும்.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய்ச் சுரங்கவியல்

புவிக்கடியில் ஏராளமான கனிமங்கள் கிடைக்கின்றன. தங்கம், வெள்ளி, இரும்பு, மாங்கனீஸ் போன்ற திண்மக் கனிமங்களும், பெட்ரோலியம் போன்ற

படம் 1 தார்மணல் திறந்தவெளி எண்ணெய்ச் சுரங்கம்

படம் 2 திறந்தவெளி எண்ணெய்ச் சுரங்கம்

நீர்மப் பொருள்களும் கிடைக்கின்றன. இக்கனிமங்களை, பல்வேறு துறைகளில் பயன்படுத்துவதற்காகப் புவியிலிருந்து வெட்டி எடுத்து நிலப்பகுதிக்குக் கொண்டு வரும் முறையே சுரங்க இயல் எனப்படுகிறது. எண்ணெய் களிமண் போன்ற பாறைகளிலிருந்து, பெட்ரோலியம் எடுத்தலே எண்ணெய்ச் சுரங்க இயல் ஆகும்.

பெட்ரோலியப் படிவுகளிலிருந்து பெட்ரோலிய எண்ணெயைக் குழாய்க் கிணறுகளுக்குக் கொண்டு வருதலும், எண்ணெயை எளிதாக எடுக்கும் வகையில் சுரங்கப் பள்ளங்களில் தேக்கி வைத்தலும், எண்ணெய்ப் பாறைகளிலிருந்து பற்பல வேதி முறைகளைக் கொண்டு மீண்டும் மீண்டும் எண்ணெய் எடுத்தலும் இவ்வியலின் முக்கிய பணிகளாகும். எண்ணெய்ப் பாறையுள்ள சுரங்கங்களில் திறந்த வெளிச் சுரங்கங்கள் அமைக்கப்பட்டு அவற்றில் படிப்படியாகப் பாறைகள் வெட்டப்படுகின்றன. எண்ணெய்க் களிமண், தார்மணல் போன்ற பாறைகள் இவ்வாறு வெட்டியெடுக்கப்படும் முக்கிய பாறைகளாகும். எண்ணெய்க் களிமண்ணைப் படிப்படியாக வெட்டி எடுக்கும் சுரங்கங்கள் ஸ்வீடன், தென் ஆப்பிரிக்கா போன்ற நாடுகளில் பரந்து காணப்படுகின்றன.

நிலத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து எண்ணெய்ப் பாறைகளும், எண்ணெய்க் களிமண்ணும் வெட்டி எடுக்கப்படுவது உண்டு. பல ஐரோப்பிய நாடுகளிலும், ஐக்கிய அமெரிக்க நாட்டிலும், நிலப்பரப்

பிலிருந்தே சுரங்கங்கள் அமைத்து எண்ணெய்ப் பாறைகள் வெட்டியெடுக்கப்படுகின்றன. இந்தியாவில் எண்ணெய் கிடைக்கும் எல்லா மாநிலங்களிலும் பாய்மமாகவே கிடைக்கின்ற காரணத்தால் பாறைகளை வெட்டியெடுக்கும் எண்ணெய்ச் சுரங்கங்கள் இல்லை. எண்ணெய்ப்பாறைகளிலிருந்து மிகுதியான அளவு எண்ணெயை எடுப்பதற்குச் சுரங்கம் அமைத்துப் பாறைகளை வெட்டியெடுத்து அப்பாறைகளிலிருந்து எண்ணெயைப் பிழிந்து எடுப்பதே மிகச் சிறந்த முறையாகும்.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய்த் தாவரம்

தாவரங்களின் பல்வேறு உறுப்புகளிலிருந்தும் பயன் மிக்க எண்ணெய்ப் பொருள்கள் கிடைக்கின்றன. தண்டு, இலை, விதை, வேர் ஆகியவற்றிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கப்படுவதுண்டு. விதைகளிலிருந்து பிழிந்தெடுத்தல் முறையிலும், பிற பகுதிகளிலிருந்து காய்ச்சி வடித்தல் முறையிலும் எண்ணெய் எடுக்கப் படுகின்றது. இந்த எண்ணெய் ஆவியாகும் தைலங்கள், கொழுப்புறை எண்ணெய் என்ற இரு பெரும் பிரிவுகளில் அடங்கும். காண்க, ஆவியாகும் தைலங்கள்.

ஆவியாகும் தைலங்கள். இவ்வகை எண்ணெய் எளிதில் ஆவியாகக் கூடியது. நறுமணம் நிறைந்தது. கொழுப்பு அற்றது. எனவே இவை நறுமணப் பொருள் சோப்பு, முகத்தூள் (face powder) தயாரிப்பில் பயன்படுகின்றன. மேலும் சிலவகை ஐஸ்கிரீம், மிட்டாய் வகைகள், இனிப்புப் பலகாரங்கள், குளிர்பானங்கள் போன்றவற்றிற்கு மணமும் சுவையும் கூட்டுவதற்கு உதவுகின்றன. சிலவகை, பற்பசைத் தயாரிப்பில், மருத்துவத்தில் வலிநீர் களிம்புகள், நச்செதிர் மருந்துகள் ஆகியவற்றின் தயாரிப்பில் பெரும்பங்கு கொள்கின்றன. சிலவகை, மேற்பூச்சு வண்ணங்கள் (paints), மெருகெண்ணெய் (varnish) ஆகியவற்றின் தயாரிப்பில் கரைப்பான்களாகவும் உலர்த்திகளாகவும் பயனாகின்றன. பூச்சிக்கொல்லிகள் மணமூட்டிகள் (deodorants) தயாரிப்பிலும் சிலவகை பயன்படுகின்றன.

எண்ணெய்ச் சாரங்கள் அவை எடுக்கப்படும் தாவர உறுப்புகளைக் கொண்டு புல் எண்ணெய் கட்டை எண்ணெய் இலை எண்ணெய் எனப் பிரிக்கப் படுகின்றன.

புல் எண்ணெய்

இந்தியக் காடுகளில் விளையும் பலவகைப் புற்களிலிருந்து மணமிக்க, விலை உயர்ந்த எண்ணெய்ச் சாரங்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. அவற்றுள் எலுமிச்சைப் புல் எண்ணெய், பாமரோசா எண்ணெய், சிட்ரோனெல்லா எண்ணெய், வெட்டி வேர் எண்ணெய் ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெய். இது மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையின் கேரளா. தமிழ்நாடு, கர்நாடகப் பகுதிகளில் மிகுதியாக விளையும் சிம்போகோகன் ஃப்ளெக்சுவோசஸ் எனும் புல் வகையில் இருந்து காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் எடுக்கப்படுகிறது. இதன் மணம் எலுமிச்சையின் மணத்தை ஒத்திருப்பதால் இது எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெய் எனப் படுகிறது. ஆண்டுதோறும் ஏறத்தாழ 1500 மெட்ரிக் டன் எண்ணெய் இந்தியாவில் உற்பத்தியாகிறது. இது உலக உற்பத்தியில் 60% ஆகும். மேலும், இந்திய உற்பத்தியில் ஏறத்தாழ 80% வெளிநாடுகளுக்கு ஏற்றுமதியாவது குறிப்பிடத்தக்கது. செம் மஞ்சள் அல்லது செம்பழுப்பு நிறமும், எலுமிச்சை மணமும் கொண்ட இவ்வெண்ணெய் மருந்துகள், நறுமணப்பொருள்கள் தயாரிப்பில் பெருமளவு பயனாகின்றது.

பாமரோசா எண்ணெய். இந்த வணிகப்பெயர் கொண்ட எண்ணெய் சிம்போபோகன் மார்ட்டினி எனும் புல்லிலிருந்து காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படுகின்றது. இவ்வகைப்புல் இமயமலை அடிவாரப் பகுதி, உத்தரபிரதேசம், பீகார், மத்தியபிரதேசம், மகாராஷ்டிரா, இராஜஸ்தான், குஜராத், கர்நாடகம் ஆந்திர மாநிலக் காடுகளில் மிகுதியாக விளைகின்றது. வெளிர் மஞ்சள் நிறங்கொண்ட இதன் எண்ணெய் ஜெரேனியம் எண்ணெயின் மணத்தை ஒத்திருப்பதால், வெளிநாடுகளில் இதற்குப் பெருந்தேவை உள்ளது. மருந்து, நறுமணப் பொருள், சோப், கொசுவத்தித் தயாரிப்பில் இது பயன்படுகின்றது.

சிட்ரோனெல்லா எண்ணெய். நார்த்தையின் மணத்தை ஒத்திருக்கும் இந்த எண்ணெய் சிம்போபோகன் நார்தஸ் எனும் தாவரவியல் பெயர் கொண்ட புல்லில் இருந்து காய்ச்சி வடிக்கப் பெறுகின்றது. இதுவும் மருந்து, நறுமணப்பொருள், சோப், கொசுவத்தித் தயாரிப்பில் பயனாகின்றது. வடகிழக்கு அசாம் மலைப்பகுதி, தமிழ்நாட்டின் நீலகிரி, கோடைக்கானல் பகுதிகள், ஆந்திரத்தில் ரம்ப்பா மலைப்பகுதிக் காடுகள் இவற்றில் இயற்கையாகப் பயிராகின்றது.

வெட்டிவேர் எண்ணெய். வெட்டிவேரிய சிசனாய்தல் எனும் புல்லின் வேர்க்கற்றையிலிருந்து எண்ணெய் காய்ச்சி எடுக்கப்படுகிறது. இப்புல் வகை இந்தியா முழுதும் ஆற்றங்கரை, சேற்றுப் படுகைகளில் செழித்து வளர்கின்றது. இது தமிழ்நாட்டிலும், கேரளத்திலும் பயிரிடப்படுகிறது. காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படும் பிசுபிசுப்பான வெண்பழுப்பு நிறமும்,

செறிந்த மணமுங்கொண்ட வெட்டிவேர் எண்ணெய் நறுமணப்பொருள், சோப், அழகுப்பொருள்கள் தயாரிப்பில் பெருமளவில் பயனாகிறது. எண்ணெய் தயாரிப்பது மட்டுமன்றி மணமிகு வேர்க்கற்றை, பாய், நிழல்தட்டி, விசிறி ஆகியன தயாரிக்கவும் உதவுகின்றது.

கட்டை எண்ணெய்

இவற்றுள் சந்தன எண்ணெய் மிகவும் விலை உயர்ந்ததும் முதன்மையானதும் ஆகும். இந்தியாவில், கர்நாடகம், தமிழ்நாடு மாநில உலர் பகமைக் காடுகளில் மட்டுமே இயற்கையாகச் சந்தன மரங்கள் வளர்கின்றன. இம்மரத்தின் செயற்கை மறு உற்பத்தி எதிர்பார்த்த அளவு இல்லை. சந்தன மரத்தின் வேர்கள், தண்டுப்பகுதியில் உள்ள வயிரப் பகுதிகள் (heart woods) மட்டுமே எண்ணெய்ச் சத்தை உள்ளடக்கியுள்ளன. உயிர்ப் பகுதிகளைச் சிறுசிறு துகள்களாக ஆக்கிப் பின்னர் காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் எண்ணெய் எடுக்கப்படுகிறது. இந்த எண்ணெய் வெளிர் மஞ்சள் நிறமும், பிசுபிசுப்புத் தன்மையும், இனிய நறுமணமும் கொண்டது. இது பிற எண்ணெய்ச் சாரங்களுடன் இரண்டறக் கலக்குந் தன்மையுடையதால் கலவைச் சாரமாகப் பயன் படுகிறது. அத்தர், நறுமணப்பொருள், சோப், மருந்து தயாரிப்பில் இது பெரும்பங்கு கொள்கிறது.

இமயமலைப் பகுதியில் விளையும் அகர் மரக் கட்டைகளிலிருந்து முறையே அகர் எண்ணெய், தேவதாரு எண்ணெய், பைன் எண்ணெய் இவை காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படுகின்றன. பெரும்பாலும் இவை நறுமணப்பொருள் மெருகெண்ணெய் தயாரிப்பில் பயன்படுகின்றன.

இலை எண்ணெய்

இலைகளைக் காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படும் எண்ணெய்களுள், நீலகிரித் தைலம் எனப்படும் யூகலிப்டஸ் எண்ணெய் மிகவும் சிறப்பு வாய்ந்தது, ஆஸ்திரேலியாவைத் தாயகமாகக் கொண்ட யூகலிப்டஸ் மரவகைகள் அனைத்துமே எண்ணெய்ச் சுரப்பிகளைக் கொண்ட இலைகளை உடையவை. அவை இந்தியாவில், குறிப்பாக நீலகிரி, கோடைக் கானல் உயர்மலைகளில் வளர்க்கப்படும்.

யூகலிப்டஸ் குளோபுலஸ். இம் மரவகையின் இலைகளிலிருந்து புகழ் பெற்ற நீலகிரித் தைலமும், யூகலிப்டஸ் சிட்ரியோதாரா எனும் மரவகையின் இலைகளிலிருந்து சிட்ரியோதாரா எண்ணெயும் காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படுகின்றன.

ஜெரானியம். கோடை, நீலகிரி முதலிய மலைப் பகுதிகளில் இதைப் பெருமளவில் சாகுபடி செய்கின்றனர். இந்த எண்ணெய் இலைப்பகுதிகளிலிருந்து காய்ச்சி வடித்தெடுக்கப்படுகிறது. சோப், மருந்து தயாரிப்பில் இது பயன்படுகிறது.

கொழுப்புறை எண்ணெய்

இவை கிளிசரின், கொழுப்பு அமிலங்கள் ஆகிய வற்றின் கூட்டுக்கலவையாகும். இவை தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்காகப் பெரும்பாலும் விதைகளில் மட்டுமே அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். எண்ணெய்கள் ஆவியாக மாறுவதில்லை. இயல்பான வெப்பநிலையில் நீர்ம வடிவில் நிற்கின்றன. இவ்வகை எண்ணெய்களில் சிலவகை உண்ணும் பொருள்கள் தயாரிப்பில் பெரும் பங்கு கொள்கின்றன. இவை காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் எடுக்க இயலாதவை. எனவே பிழிந்து எடுத்தல் (expression) முறையிலேயே எடுக்கப் படுகின்றன. எண்ணெய் எடுத்த பின்னர் பிண்ணாக்கு துணைப்பொருளாகக் கிடைக்கிறது.

சிறு தாவரங்களான நிலக்கடலை, ஆமணக்கு, எள், பருத்திவிதை, ஆளிவிதை ஆகியவற்றின் விதை களிலிருந்து எடுக்கப்படும் எண்ணெய்கள். அன்றாட உணவில் சமையலுக்குப் பயன்படுவதோடு, சிலவகை எண்ணெய்கள் மசகெண்ணெய் (lubricant) தயாரிப்பி லும் மெருகெண்ணெய், பூச்சு வண்ணத் தயாரிப்பி லும் பயனாகின்றன.

மரவகைகளில் இருந்தும் கொழுப்புறை எண்ணெய்கள் கிடைகின்றன. வேம்பு, புன்னை, மரவெட்டி, புங்கம், சுருளி அல்லது நாங்கு பூவந்தி, வெண்குங்கிலியம் என்பன எண்ணெய் தரும் மரவகை களில் குறிப்பிடத்தக்கவை. இவற்றுள் வேம்பு, புங்கம். புன்னை, பூவந்தி ஆகியவை பயிரிட்டு வளர்க்கக் கூடியவை. எஞ்சியவை காடுகளில் இயற்கையாகவே செழித்து வளர்வன.

காடுகளில் இயற்கையாக விளையும் சுருள், மகிழம், பூவந்தி ஆகிய மரங்களின் விதைகளிலிருந்தும் எண்ணெய் பிழிந்தெடுக்கப்பட்டு அவை பெரும்பாலும் மலை மக்களால் விளக்கெரிக்கவும், ஓரளவு மருந்து, சோப்பு ஆகியவற்றைத் தயாரிக்கவும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

- ச. பாலகதிரேசன்

எண்ணெய்ப் பனை

பல்வேறு நாடுகளின் தாவர எண்ணெய் வளப் பொருளாதாரத்தில் எண்ணெய்ப் பனை பெரும்

பங்கேற்கின்றது. தென்னைமரம் போன்று ஆண்டு முழுதும் பயன்தரும் இம்மரம், 80-100 ஆண்டுகள் தொடர்ச்சியாக வளர்ந்து, பயன் தரும். ஆப்பிரிக்காவின் சில பகுதிகளில் இப்பனையிலிருந்து பதநீரும் எடுக்கப் படுகின்றது. இம்மரத்தின் பழத்திலிருந்து இருவித எண்ணெய் எடுக்கப்படுகின்றது. நார்ப்பகுதியான மேல் தோலிலிருந்து கிடைக்கும் எண்ணெய் சற்றுச் சிவப்பு நிறத்துடன் காணப்படுவதால் இம் மரத்தைச் சிவப்பு எண்ணெய்ப் பனை என்றும் கூறுவதுண்டு.

இம்மரம் முதலில் மேற்கு ஆப்பிரிக்கப் பகுதியில் தோன்றியது என்பர். குக் என்ற அறிவியலார் பிரேசிலில் இப்பனை தோன்றியது என்றும், கார்னர் என்ற தாவர வல்லுநர் இப்பனையின் விதைகள் தென் அமெரிக்காவிலிருந்து ஆப்பிரிக்காவிற்குப் பரவி இருக்கலாம் என்றும் கருதுகின்றனர். பின்பு சுமத்ராவிற்கும், மலேசியாவிற்கும் பரவிய இப்பனை, தற்போது இந்தோனேசியா, மலேசியா, நைஜிரியா, ஐவரிகோஸ்ட், தென் அமெரிக்கா, கொலம்பியா, பிரேசில், கோஸ்டாரிக்கா, கோண்டுராஸ், மெக்சிகோ, பனாமா, வெனின்சுலா, சூரினாம், பெரு, நிக்கரூவா ஆகிய நாடுகளில் பரவலாகக் காணப்படுகின்றது.

இது தாவரப் பிரிவில் அரிகேசி என்ற பனைக் குடும்பத்தில், எலிஸ் என்ற இனத்தைச் சேர்ந்தது. இதில் ஒலிஃபெரா, மடகாஸ்கரியன்சிஸ், கினன்சிஸ், ஒடரா என்ற நான்கு சிற்றினங்கள் உண்டு. எண்ணெய்ப்பனை எலிஸ் கினன்சிஸ் என்ற சிற்றினத்தைச் சேர்ந்தது. இந்தச் சிற்றினம் சிரட்டையின் அடிப்படையில் மாக்ரோகாரியா அல்லது காங்கே, டியூரா அல்லது டெலி, தெனரா, பிசிபெரா எனப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

இறுதியிலுள்ள இரு வகைகளையும் முதலிரு வகைகளுடன் பிணைத்து எலிஸ் கினன்சிஸ் மாக்ரோகாரியா, எலிஸ் கினன்சிஸ் டியூரா என்ற இரண்டே வகைகளாகப் பிரித்துக் கூறுவதும் உண்டு. வடக்கில் 16° அகலாங்கு (latitude) தெற்கில் 15° அகலாங்கு ஆகியவற்றின் உள்ளமைந்த பகுதியில் சம தட்ப வெப்ப நிலையில் இப்பனைகள் அதிகமாக வளர்கின்றன. ஆண்டுக்கு 2500-3500 மி.மீ. மழை பொழியும் இடங்கள் இவற்றிற்கு ஏற்றவை. எனினும் 1500 மி.மீ. மழை உள்ள சமவெளிகளிலும் வளரும் திறனுடையவை.

பயிரிடும் முறை. முதிர்ந்த விதைகளைச் செப்பனிடப்பட்ட நாற்றங்கால்களில், 60-80 செ.மீ. இடைவெளியில் விதைப்பது வழக்கம். 6-10 வாரங்களில் விதை முளைக்கும்; முதல் வேர் தோன்றியவுடன் குருத்து மேல் நோக்கி வளரத் தொடங்கும். பின்னர் பக்க வேர்களும் புதிய இலைகளும் தோன்றும். முதல் 60 நாள் வரை கன்று தன்னுள் இருக்கும் உணவைச் சார்ந்தே வளர்கின்றது. இக் கன்றுகள் 4-6 இலைப்பருவம் அடையும்போது பிடுங்கி நடப்படுகின்றன. குறைந்த அளவில் பாஸ்ஃபரஸும், நைட்ரஜனும் உரமாக நாற்றங்காலில் இடப்படுகின்றன. பாலித்தீன் பைகளில் மண் நிரப்பி, விதைகளை அவற்றில் தனித்தனியாக ஊன்றி வளர்ப்பது புதிய நாற்றங்கால் முறை ஆகும்.

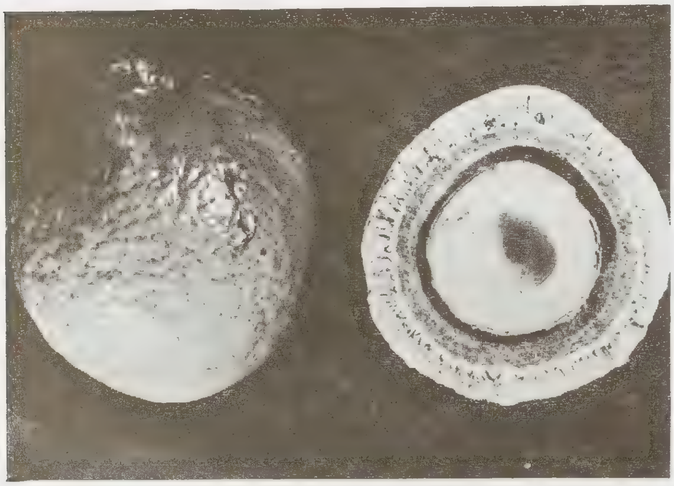
மரத்திற்கு மரம் 9 மீட்டர் இடைவெளி விட்டு 90×90×90 செ.மீ. அளவுக் குழிகளில் கன்றுகள் நடப்படுகின்றன. இவ்வாறு நடும்போது ஹெக்டேருக்கு 140 மரங்கள் வரை நடலாம். இப்பனையின் வளர்ச்சிக்கு நைட்ரஜன், பாஸ்ஃபரஸ், பொட்டாசியம் ஆகியவை மிகுந்த அளவிலும், மக்னீசியம். சுண்ணாம்பு, கந்தகம், இரும்பு, மாங்கனீஸ் ஆகியவை குறைந்த அளவிலும் தேவைப்படும். வளர்ச்சி அடைந்த ஒரு பனைக்கு ஆண்டுக்கு அம்மோனியம் சல்ஃபேட் 4 கிலோ, சூப்பர் பாஸ்ஃபேட் 3 கிலோ, பொட்டாசியம் குளோரைட் 2 கிலோ, மக்னீசியம் குளோரைட் 1.5 கிலோ தேவைப்படும்.

மரத்தின்வளர்ச்சி. இலைக் கணுக்கள் தோன்றுவதற்கு முன்பே கன்றுகளின் தூர்கள் பக்கவாட்டில் பருத்து வளர்கின்றன. பின்னர், இலைக் கணுக்கள்

எண்ணெய்ப்பனை

வெளியே தெரியத் தொடங்கியபின், தண்டு மேல் நோக்கி வளரத் தொடங்கும். இலைக்கணுவின் இடைவெளி 14-25 செ.மீ இருக்கும். பொதுவாக, மரம் ஆண்டு தோறும் 35-75 செ.மீ. உயரம் வளர்கிறது. வளர்ச்சி அடைந்த பனையின் குருத்தை ஆய்வு செய்தால் 50க்கும் மேற்பட்ட இளம் ஓலைகள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக அமைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

மரத்தின் கொண்டைப் பகுதியில் 36-40 ஓலைகள் அடர்த்தியாகக் காணப்படுகின்றன. நன்றாக வளர்ச்சியடைந்த ஓலைகளின் நீளம் 5 - 6 மீட்டர் இருக்கும். அடி மட்டை 120 செ.மீ. நீளத்தில் குட்டையாகவும் வகைக்கு ஏற்ற நிறத்துடனும் இருக்கும். ஆண்டு தோறும் 18-24 ஓலைகள் தோன்றி ஏறத்தாழ 4 ஆண்டுகளுக்குப் பின் பழுத்து உதிர்ந்து விடும்.



காய்

மஞ்சரிகள் 3-4 ஆண்டுகளில் வெளிவரத் தொடங்கும். ஒரே மரத்தில் ஆண், பெண் மஞ்சரிகள் தனித்தனியே காணப்பட்டாலும், ஒரு சில மரங்களில் ஒரே மஞ்சரியில் ஆண், பெண் பூக்கள் தோன்றுவதும் உண்டு. சில சூழ்நிலைகளில் இருபால் பூக்களும் தோன்றுவதுண்டு. ஒரே மரத்தில், இரண்டு பூங்குலைகள் ஒருங்கே பருவமடைவதில்லை என்பதால், அயல் மகரந்தச்சேர்க்கை இப்பனையின் இயல்பாகி விட்டது.

கருத்தரித்த 60-70 நாள் வரை காயின் எண்டஸ்பர்ம் நீர்ம நிலையில் இருந்து, 100 நாளில் அது திண்ம நிலையடையும். காய்களில் எண்ணெய்ச் சத்து 70 நாளில் தோன்றத் தொடங்கி, 110-140 நாளில் முழுமை அடைகின்றது. பூ முதிர்ந்து காயாக வளர்ச்சியடைய 166-170 நாளாகும். மரம் ஒன்றிற்கு ஏறத்தாழ 30 கிலோ எடையுள்ள விதையும், அதிலிருந்து 3 கிலோ பருப்பும், 3 கிலோ எண்ணெயும் கிடைக்கின்றன. அனைத்து இன எண்ணெய்ப் பனைகளிலும் 32 குரோமஸோம்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில், 8 குரோமஸோம்கள் மற்ற 24ஐ விடச் சற்று நீளமாக இருக்கும்.

மலேசியா போன்ற நாடுகளில் மஞ்சரிகளில் காய்களின் எண்ணிக்கையைக் கூட்டவும், எண்ணெய்ச் சத்தைப் பெருக்கவும், தண்டின் வளர்ச்சி வேகத்தைக் குறைக்கவும் டியரா வகையையும், பிஸிபெரா வகையையும் ஒட்டு மூலம் இணைத்து ஒரு புதிய ஒட்டு வகையை உற்பத்தி செய்துள்ளனர். ஆப்பிரிக்க, அமெரிக்க நாடுகளில் ஓலிபெரா இனத்தையும், எலிஸ் கிளன்சிஸ் இனத்தையும் கரு ஒட்டு மூலம் இணைத்து மெலனோகாக்கை என்ற ஒட்டு வகை உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளது.

எண்ணெய் உற்பத்தி. விதையில் 16-18 % எண்ணெய்ச் சத்து உண்டு. பழத்தில் நார்ப் பகுதியான மேல் தோட்டில் சிவப்பு நிற எண்ணெயும், பருப்பில் நிறமற்ற எண்ணெயும் கிடைக்கின்றன. சமையலுக்குப் பயன்படும் எண்ணெயில் கொழுப்பு அமிலம் 5%க்கும் குறைந்தே இருக்க வேண்டும்.

எண்ணெயைப் பிரித்து எடுக்க இரு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

அடர் எண்ணெய்த் தயாரிப்பு. ஊற வைத்த காயைச் செக்கில் வைத்து நசுக்கி எடுக்கும்போது 55-60% எண்ணெய் மட்டுமே நீக்கப்படும்.

அடர்த்தி குறைந்த எண்ணெய்த் தயாரிப்பு. காய்களை நீரில் கொதிக்க வைத்துக் கட்டையால் அடித்து நசுக்கித் தண்ணீரில் மிதக்கும் எண்ணெய் சேகரிக்கப்படுகிறது. இம்முறைப்படி 55% எண்ணெய் மட்டுமே எடுக்கப்படும். இந்த எண்ணெய் தூய்மையாக இருப்பதால் சமையலுக்குப் பயன்படுகிறது. எந்திரம் மூலம் புதிய முறைகளைக் கையாண்டு எண்ணெயைத் தோலிலிருந்தும், பருப்பிலிருந்தும் நீக்கும் முறையில் 85 - 95% எண்ணெயைச் சேகரிக்க முடியும்.

- இ. ஹென்றி லூயி

எண்ணெய் மீட்பு முறை

பெட்ரோலிய எண்ணெய்ப் படுகையில் உள்ள எண்ணெய் முழுமையையும் எடுப்பது என்பது முற்றிலும்

நிறைவேறாத ஒன்று. ஆனால் எல்லா வழிகளையும் பின்பற்றி இயன்ற அளவு மிகுதியான எண்ணெயை எடுக்கும் முறைக்கு மீட்பு முறை என்று பெயர். சாதாரணமாக தானே வழங்கும் எண்ணெய்க் கிணறு, எக்கிகள் மூலம் எண்ணெய் எடுக்கும் கிணறுகள் என இவ்வகைக் கிணறுகளில் பல வகை உண்டு. இக்கிணறு களில் இயல்பாக வரும் எண்ணெயின் அளவு நாட் படக் குறைந்து ஒரு நிலைக்குப்பிறகு முற்றிலும் நின்றுவிடும். இந்நிலையில் எண்ணெய்ப் படுகையில் எண்ணெய் இல்லையென்று கருதலாகாது. இயல்பாக எடுக்கும் எண்ணெய்க்குப்பிறகும் ஓரளவு எண்ணெய், படுகையில் இருந்து கொண்டே இருக்கும். இந்த எண்ணெயை வேறு பல முறைகளினால் எடுப் பதையே மீட்பு முறைகள் என்பர். மீதமுள்ள எண்ணெயை எடுக்காமல் விட்டுவிட்டால் அந்த எண்ணெய் வீணாகிவிடும். ஓர் எண்ணெய்க் கிணற்றிலுள்ள முழு எண்ணெயையும் எடுக்க இயலாமைக்கு இரு காரணங்கள் உண்டு. அவை, பெட்ரோலிய எண்ணெயில் ஓட்டமின்மை மற்றும் தொழில் நுட்ப மேம்பாடு இல்லாமை ஆகும்.

எண்ணெய்ப்படுகைகளின் தன்மை. என்ணெய்ப் படுகைகள் பெரும்பாலும் மணற்பாறை, சுண்ணாம்புப் பாறை, களிமண் பாறைகளிலேயே காணப்படுகின்றன, பம்பாய்க் கடல் அண்மைப் பாறைகள் சுண்ணாம்புப் பாறையிலும், தமிழகக் கடல் அண்மைப் பாறைகள் மணற் பாறையிலும் கிடைக்கின்றன. மணற்பாறைகளில் ஒரு துகளுக்கும் மற்றொரு துகளுக் கும் உள்ள இடைவெளியே துளையாக அமைகிறது. சுண்ணாம்புப் பாறையில் அரிமானம் காரணமாக நீண்ட பொந்துகள் உண்டாகின்றன. மணற்பாறைத் துளைகளிலும், சுண்ணாம்புப் பாறைப் பொந்து களிலும் பெட்ரோலிய எண்ணெய் தேங்கியுள்ளது. இவ்வாறுதேங்கிய எண்ணெய் தானாகவோ, எக்கிகள் மூலமோ எடுக்கப்பட்டுப் புவிக்கு வெளியே கொண்டு வரப்படுகின்றது. சிலசமயங்களில் துளைகள் மற்றும் பொந்துகள், களிமண் போன்ற பொருள் களால் அடைபட்டுவிடும். அப்பொழுது எண்ணெய் வருவது நின்றுவிடும்.

சிற்சில இடங்களில் எண்ணெய் வளம் பல படிவுகளாக ஒன்றன் மேல் ஒன்றாக அமைந்திருக்கும். இப்படிவுகளில் துளைகளின் தன்மை மாறுபட்டிருந் தால் எண்ணெய் ஓரிடத்திலிருந்து வேறோர் இடத்திற்கு ஓடிச்செல்லும். முக்கியமாக நீர் உள்ளே ஓடும்போது எண்ணெயையும் உடன் கொண்டு சென்றுவிடும். மேலும், நீரோடு சேர்ந்த எண்ணெய், நீர்க்கலவையாக மாறுவதும் உண்டு. அவ்வாறு வேறு படிவுக்குச் சென்ற எண்ணெயையும் நீரோடு கலந்த கலவையையும் எடுத்துப் பயன்படுத்துவது மிகவும் கடினம்.

பொதுவாக எண்ணெய்ப் படுகைகள் சீராக இருந்தால் இயல்பாகவே அதிக அளவு எண்ணெய் பெற முடியும். மீட்பு முறைகள் எதையும் பயன் படுத்தத் தேவை இல்லை. சிற்சில குறிப்பிட்ட இடங்களில் மட்டும் படுகை சீராக இருந்தாலும் கூட எண்ணெய் எடுப்பது கடினமாக அமையலாம். அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளிலுள்ள கலிஃபோர்னி யாவில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ஓர் எண்ணெய்க் கிணற்றில் எண்ணெய் எடுக்க மிகவும் இன்னலுற வேண்டியதாயிற்று. இக்கிணற்றிலுள்ள எண்ணெய் யின் நெகிழ்ச்சி மிகக் குறைவு; வெப்பமும் குறைவு. எனவே எண்ணெய் நீர்மமாகவும் இல்லாமல் திண்மப்பொருளாகவும் இல்லாமல் ஒருவித திண்ம-நீர்ம நிலையில் இருந்ததால் இயல்பாக எண்ணெயை மேலே கொண்டு வர முடியவில்லை.

வெப்பமுறை நுட்பங்கள். பெட்ரோலிய எண் ணெய்த் துறையில் ஒரு மாபெரும் புரட்சி சூயஸ்கால் வாய் மூடப்பட்டவுடனும், எண்ணெய் வள நாடுகள் திடீரென விலையைப் பன்மடங்கு உயர்த்திய போதும் ஏற்பட்டது. இந்த இரண்டு காலங்களிலும் எண்ணெய்த் துறையில் பெரும் வளர்ச்சி ஏற்பட்டது. குறிப்பிடத்தக்க வளர்ச்சி, எண்ணெய் தேடும் பணி, எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டும் பணி, எண்ணெய் தேக்கி வைக்கும் கொள்கலங்கள், மீட்பு முறைகள், மிகு மீட்பு முறைகள் ஆகியவற்றில் ஏற்பட்டன. அப் போது தோன்றிய தொழில் நுட்ப முறைதான் வெப்ப மீட்பு முறையாகும். இம்முறையில் முக்கியமானவை நீராவியால் நிரப்புதல், நீராவியை உட்செலுத்துதல், காற்று மற்றும் நீரை உட்செலுத்துதல் ஆகும்

குழாய்க் கிணற்றின் உள்ளே நீராவியை மிகுதி யான அளவு செலுத்தி, கிணறு மற்றும் படுகைப் பகுதிகளை நீராவியால் நிரப்பச் செய்வதுண்டு. வளிம விசை உள்ள கிணறுகளில் இம்முறை பெரிதும் பயன்பட்டது. இம்முறை ஒரு சிக்கனமான முறை என்றாலும் எண்ணெய்க் குழாய்கள் நீராவியால் சூடாகியவுடன் குழாயை நோக்கி எண்ணெய் வருவது தடைப்பட்டு விடுவதால் 5—20% எண்ணெயே மீட் கப்படுகிறது. ஆனால் குழாய்க்கிணறுகள் நெருக்கமாக அடுத்து அடுத்து இருந்தால் 50% வரை மீட்கலாம்.

நீராவியை உட்செலுத்துதல் என்பது, நீராவியை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு உட்செலுத்தி எண்ணெயை மேலே வரச்செய்வதாகும். இம்முறையில் 50% எண்ணெயை மீட்கலாம் என்றாலும் இதன் செலவு மிக அதிகம். எடுக்கும் எண்ணெயில் மூன்றில் ஒரு பங்கு நீராவி தயாரிப்பதற்கே செலவழிக்கப்படுகிறது. ஆழம் குறைவான கிணறுகளில், நெகிழ்வு குறைந்த எண்ணெயை எடுக்க ஆகும் செலவு இன்னும் அதிக மாகிறது. எண்ணெய்ப் படுகைகளில் வெப்பம்

குறைவாக இருந்தால் நீராவியை அதிகம் செலுத்த வேண்டியிருப்பதால் செலவு கூடுகிறது. நீராவியை உற்பத்தி செய்ய நிலக்கரி, சூரிய ஒளி போன்ற பிற ஆற்றல்களைப் பயன்படுத்தும்போது, விற்பனைக்குக் கூடுதலான எண்ணெய் கிடைக்கிறது. ஆனால் இவற்றைப் பயன்படுத்தினால் நடைமுறைச் சிக்கல்கள் அதிகமாக ஏற்படுகின்றன.

காற்று, நீர் இவற்றை உட்செலுத்தி மீட்கும் போது முதலீட்டுச் செலவு மிகுதியாகிறது. காற்று அழுத்தத்தை உருவாக்கும் கருவிகளின் விலை அதிகமாவதால், கூடுதல் முதலீடு வேண்டும். மேலும் இம்முறையில் கருவிகளின் அரிமானம், எண்ணெய் நீர்க்கலவை உண்டாகல், அதிக அளவு எண்ணெய் எடுக்க முடியாமை போன்ற சிக்கல்கள் உள்ளமையால் நீராவியைப் போல இம்முறை அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

பிற நுட்பங்கள். பிற நுட்பங்களில் மிக முக்கியமானது வேதிப்பொருள்களைப் பயன்படுத்துவதே ஆகும். உந்து விசை குறைவான எண்ணெய் வயல்களில் எண்ணெயை மீட்க மிக அதிகமான ஆற்றலை உருவாக்க வேண்டும். இதற்காக அதிகமான நீராவியை உட்செலுத்தி மிகு வெப்பநிலையை ஏற்படுத்தி எண்ணெய் மீட்கும்போது எடுக்கும் எண்ணெயின் விலை சிக்கனமாக அமைவதில்லை. எனவே, விசை குறைந்த எண்ணெய், வயல்களில் வேதிப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தி இழுவிசையைக் குறைத்து எண்ணெய்த் துளிகளைத் துளையினின்று வெளியே இழுத்து எண்ணெய் குழாயின் வழியே எடுக்கப்படுகிறது. இம்முறை நீர்ம வேதிப் பொருள்களை உட்செலுத்துதல், கரைப்பான்களை உட்செலுத்தி எண்ணெயை நெகிழச்செய்து குழாயை நோக்கி ஓடி வருமாறு செய்தல் என இருவகைப்படும்.

பல்லுறுப்பிப் பாய்மங்கள். பாலிசாக்ரைடு மற்றும் பாலிகிரைம்லாய்டு போன்ற பாலிமர் பல்லுறுப்பிப் பாய்மங்கள் உட்செலுத்தப்பட்டு எண்ணெய் மீட்கப்படுகிறது. இம்முறை ஆய்வுக் கூடத்தில் பெருவெற்றி பெற்றாலும் எண்ணெய் வயல்களில் நடைமுறையில் சிறப்பான பயனை அளிக்கவில்லை. பரவும் தன்மை உடையதால் இவை சிறிது சிறிதாகவே உட்செலுத்தப்படுகின்றன. பெரும்பாலும் 5-10% துளை அளவே உட்செலுத்தப்படும் இம்முறையில் செலவு அதிகம். பல்லுறுப்பி விலை உயர்ந்த அளவுக்கு எண்ணெய் விலை உயராததால் இம்முறை நடைமுறைக்குப் பொருந்தாமலேயே இருந்து வந்தது.

கரைப்பான்கள். இந்நீர்மங்கள் பாறைகளிலுள்ள துளைகளில் உட்புகுந்து, எண்ணெய்த் துளிகளை வெளியேற்றுகின்றன. முக்கியமான கரைப்பான்கள் தூய்மைப்படுத்தப்படாத எண்ணெய், நீர்ம புரோப்பேன் வளிமம், நீர், கார்பன் டைஆக்சைடு ஆகியன. இவற்றில் கார்பன் டைஆக்சைடு மிகக் குறைந்த செலவில் எண்ணெயை மீட்க உதவுகிறது. உப்புக் கோள எண்ணெய்ப் படிவுகளில் கார்பன் டைஆக்சைடு முறை நல்ல பயனை அளித்துள்ளது.

-இராம. இராமநாதன்

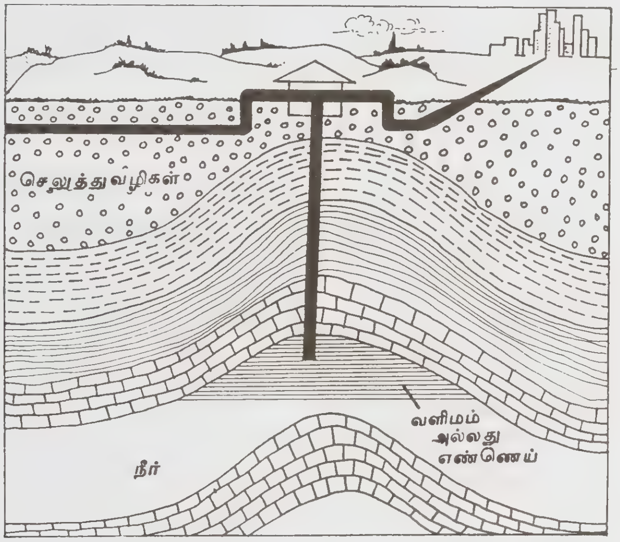
எண்ணெய் வயல் மாதிரிப் படிமம்

நில அமைப்புக்குத் தக்கவாறு இடத்திற்கு இடம் எண்ணெய் வயல்கள் மாறுபட்டிருக்கும். சாதாரணமாக மடிப்புகள், பிளவுகள், உப்புக் கோளங்கள் போன்ற நில அமைப்புகள் உள்ள இடங்களில் எண்ணெய் வயல்கள் காணப்படும். இந்த அமைப்புகளைத் தெளிவாக்கி, எண்ணெய் எந்த இடத்தில் உள்ளது எப்படி எடுக்கலாம் என்ற செய்திகளை ஆய்வு அடிப்படையில் கண்டறியச் செய்யப்படும் மாதிரிகளே படிமங்கள் எனப்படும். எண்ணெய் வயல்கள் கண்டுபிடிப்பில் படிவுப்பாறைகளை அறிதல் முதல் நிலையாகும். படிவுப் பாறைகளில் எண்ணெய் தேங்கி நிற்பதற்கு வசதியான நில அமைப்புகள் உண்டா என்று ஆய்வு செய்தல் அடுத்ததாகும். அடுத்து ஆய்வுக் குழாய்க் கிணறுகள் அமைத்து எண்ணெய் கிடைக்கிறதா என்று பார்க்கவேண்டும். பிறகு வணிக அளவில் எண்ணெய் எடுக்க முடியுமா என்று ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு செய்யும் ஆய்வுக்கு நிலவியல் அறிவும், நிலவியலாளரின் துணையும் வேண்டும். பொறியாளர், அரசு அலுவலர் ஆட்சியாளர் போன்றோருக்குப் புவியின் அமைப்பு, எண்ணெய் கிடைக்குமிடம் ஆகிய அறிவியல் செய்திகளை விளக்குவதற்காக மாதிரிப் படிமங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இப்படிமங்கள் நில அமைப்புப் படிமங்கள், விசை மற்றும் நிலமாற்றப் படிமங்கள் என இருவகைப்படும்.

முதல்வகைப் படிமங்கள் பாறையின் வகைகளையும் நில அமைப்பையும் எண்ணெய் கிடைக்கும் இடங்களையும் முப்பரிமாண வடிவில் காட்டுகின்றன. இப்படிமங்கள் எண்ணெய் வளம், எடுக்கும் முறை ஆகியவற்றை ஆய்வு செய்யத் துணைபுரிகின்றன. நிலவியல் அறிமுகம் இல்லாதோர்க்கும் நிலவியல் அறிவை ஊட்டி எளிதில் விளங்க வைப்பதற்குப் படிமங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

இரண்டாம் வகைப் படிமங்கள் எண்ணெய் படுகையில் உள்ள விசை மற்றும் நிலை மாற்றங்களைக்காட்டும் படிமங்களாக உருவாக்கப்படுகின்றன.

குழாய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கும் போது எண்ணெய்ப் படுகையில் என்னென்ன மாற்றங்கள் ஏற்படலாம் என்று முன்கூட்டியே அறிந்து கொள்ள இப்படிமங்கள் பயன்படுகின்றன. புவிக்குக் கீழே காணப்படும் விசை, ஆற்றல் போன்றவற்றில் ஏற்படும் மாற்றம் ஆகியவற்றைக் கண்டறிந்து இவை எவ்வாறு பாறைகளில் செயல்பட்டு மாற்றங்களை உருவாக்குகின்றன எனக் காட்ட வேண்டும். இப்படிமங்கள் ஒளி ஊடுருவும் நெகிழியால் செய்யப்பட்டு உள்ளே நிகழும் மாற்றங்களைக் காணும் வகையில் இருக்கும். விசை மற்றும் நிலைமாற்றுப் படிமங்கள் துளைப்பாறைப் படிமங்கள், நெகிழ் பாறைப் படிமங்கள், மாறுபட்ட நெகிழ்வுப் பாறைப் படிமங்கள் என மூவகைப்படும்.



படம் 1. எண்ணெய்ப் படுகையின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்.

மணற்பாறை, சுண்ணாம்புக்கல் ஆகியன துளையுடையபாறைகள். இப்பாறைகளைப்பற்றியஅமைப்புகளைக் காட்டும் படிமங்கள் துளைப்பாறைப் படிமங்கள் எனப்படும். துளைப் பாறைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களை எண்ணெய் எடுப்பதற்கு முன்பே தெரிந்து கொள்வது பெட்ரோலியப் பொறியாளர்களுக்கு மிகவும் பயன்படுவதால் துளைப்பாறைப் படிமங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இப்படிமங்களிலிருந்து துளைப்பாறைகளில் எண்ணெய் எடுத்தவுடன் நன்னீரோ, உப்புநீரோ உட்புகுந்து பாறைப் பகுதிகளில் என்னென்ன மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன என்பதைக் காட்டும். மேலும், கிணறுகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளி, வெப்பம், அழுத்த நிலை, துளைகளின் தன்மை, பாய்மங்களை உட்செலுத்தும் வேகம் ஆகிய செய்திகள் இப்படிமங்களின் துணைகொண்டு கண்டறியப்படுகின்றன.

களிமண், எண்ணெய்க் களிமண் ஆகியன எளிதில் நெகிழும் தன்மையுடையன. படிமங்கள் அமைத்து இவற்றின் நெகிழ்வையும், பிற தன்மைகளையும் கண்டறிய இப்படிமங்கள் பயன்படுகின்றன. சில இடங்களின் வன்பாறைகளும், மென் பாறைகளும் மாறி மாறி இருக்கும். இப்பகுதியில் பாறைகளுக்குத் தகுந்தாற்போல நெகிழ்வுத் தன்மையும் மாறும். மாறுபட்ட நெகிழ்ச்சிப் பாறைகளின் அமைப்பு எண்ணெய் வயல்கள் உருவாக ஏற்புடையதாக அமைவதுண்டு. படிமங்களை உருவாக்கி, எண்ணெய் நிலைத்து நிற்கிறதா அல்லது பிற இடங்களுக்கு ஓடுகிறதா என்பதைப் படிமங்கள் மூலம் காணலாம். உப்புக் கோளம் உள்ள பாறைகள் இவ்வகையில் அடங்கும்.

கணித அடிப்படையில் படிமங்களை உருவாக்குவதும் உண்டு. இவை கணித அறிவு குறைந்தவர்களுக்குப் பயன்படா. விளக்கம் அளிப்பதும் கடினம். மேலும், பல இடங்களில் கணிதப் படிமங்கள் நடைமுறையோடு ஒத்துப் போகாமையால் நில அமைப்புப் படிமங்களே பெரிதும் விரும்பப்படுகின்றன.

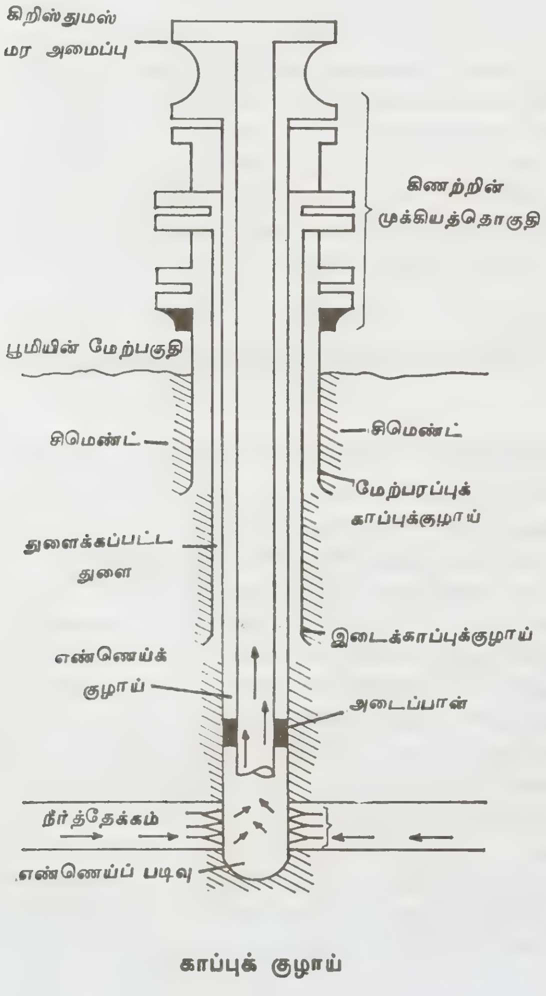
மாதிரிப் படிமங்கள் சிறப்பான முறையில் எண்ணெய் எடுப்பதற்கும் திட்டமிடுவதற்கும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. படிமங்களைச் சிறந்த முறையில் வடிவமைத்தால் எண்ணெய் எடுக்கும்போது சிக்கல்கள் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில் பாறைகளின் அமைப்பு, விசை, பிற சக்திகள், மாற்றங்கள் ஆகியவற்றை முன்பே கண்டறிந்து திட்டமிடுவதற்கு உதவியாக இருக்கும்.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய் வளிமக் கிணறு சீர் செய்தல்

எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டி அக்கிணற்றில் எண்ணெய் உற்பத்தி தொடங்கும் முன்னர் செய்யப்படும் சீரமைப்புச் செயலே எண்ணெய்க் கிணறு சீர் செய்தல் எனப்படும். கிணறு தோண்டியவுடன் காப்புக் குழாய்கள் அமைத்துப் பெட்ரோலிய எண்ணெய் வளப்பகுதிக்கும் தரைப் பகுதிக்கும் சீரான முறையில் எண்ணெய் செலுத்தும் பணி இதில் அடங்கும். காப்புக் குழாய்களுக்குள் எண்ணெய் வரும் சிறுகுழாய்கள் அமைத்தலும், எக்கிகளை அமைத்தலும், அடைப்பான்களைப் பொருத்துதலும், சீராக்கலில் முக்கியமான பணிகளாகும். சிற்சில இடங்களில் நீர் மற்றும் மணற்பகுதியைக் கட்டுப்படுத்தும் பணியையும் மேற்கொள்ள வேண்டும்.

காப்புக் குழாய்கள். பாறைகளில் தோண்டப்படும் எண்ணெய்க் கிணறுகள் ஆயிரக்கணக்கான மீட்டர் ஆழம் செல்வதால் சரிந்து விடுவதற்கான வாய்ப்பு மிகுதி. அவ்வாறு விழாமல் காப்பதற்காகத் தோண்டிய கிணற்றின் உள்ளே செருகப்படும் குழாய்களே காப்புக் குழாய்களாகும். இக்குழாய்கள் ஆங்காங்கே சிமெண்ட் வைத்துப் பொருத்தப்படுவதுண்டு. குழாய்கள் நீளம், பருமன், விட்டம் போன்ற பல்வேறு அளவுகளிலும், மாறுபட்ட இரும்புக் கலவைகளிலும் கிடைக்கின்றன. இவை ஒன்றோடொன்று பொருத்தப்பட்டு ஆங்காங்கே சிமெண்ட்டினால் இணைக்கப் பெற்றுத் தரைமட்டத்திலிருந்து எண்ணெய் கிடைக்கும் இடம் வரை செல்கின்றன. மேலும் பாறைப்பகுதிகள் கிணற்றின் உள்ளே விழாமலும், எண்ணெய்க் கிணறுகள் வெடித்துச்சிதறாமலும், சிறு குழாய்கள் மூலம் எண்ணெயை வெளிக் கொணரவும், நீர் உட்புகாமல் காக்கவும் இவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குழாய்க் கிணற்றின் ஆழம், எண்ணெய்ப் பகுதியிலுள்ள அழுத்தம், பாய்ம இழப்பு, தேய்மானம் ஆகியவை காப்புக்குழாய் நிறுவுவதற்குத் தேவையான காரணிகளாகும். குழாய்க் கிணற்றின் பாதுகாப்பிற்காகத் தரைமட்டத்தில் சிறிது சிமெண்ட் வைத்து இறுக்கமாக மூடப்படுகின்றது.



காப்புக் குழாய்

குழாய்க் கிணற்றோடு எண்ணெய்த் தேக்கத்தை இணைக்கும் முறை. குழாய்க் கிணறு எண்ணெய் தேங்கியுள்ள பாறைப்பகுதிகளோடு இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். இணைப்பு முறைகள் சாதாரண இணைப்பு, துணை இணைப்பு, காப்புக் குழாய்த் துளை இணைப்பு என மூவகைப்படும். சுண்ணாம்புப் பாறை, டோலோமைட் பாறை, கடின மணல் பாறை ஆகியவற்றில் அமைந்திருக்கும் பெட்ரோலிய ஊற்றுகளில் சாதாரண இணைப்புகளே ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வகைப் பாறைகளில் வடிகட்டிகளோ, காப்புக் குழாய்களைத் தாங்கும் பகுதிகளோ தேவையில்லை. எனவே காப்புக் குழாய்கள் தூய்மையாக்கப்பட்டவுடன் நேரடியாகப் பெட்ரோலிய ஊற்றுகளோடு இணைக்கப்படுகின்றன.

துளை இணைப்பு என்பது குழாய்க் கிணற்றின் அடிப்பகுதியில், துளையிட்ட குழாய் பொருத்தப்பட்டுப் பெட்ரோலிய ஊற்றுப் பகுதியில் இணைக்கப்படுதலாகும். இக்குழாய் காப்புக் குழாயைவிட விட்டம் சிறியதாகவும், காப்புக் குழாயிலிருந்து கீழே தொடுவதாகவும் இருக்கும். துளையிட்ட குழாய்ப் பகுதி வளிமம் மற்றும் எண்ணெயை மட்டுமே உள்ளே அனுமதித்து மற்ற துகள்களைத் தடை செய்கின்றது. மூன்றாம் முறை, காப்புக் குழாய்கள் வழியே துளையிட்டு இணைத்தலாகும். இதற்காகச் சிறப்பாகத் தயாரிக்கப்பட்டுள்ள கருவிகளைக் கொண்டு துளையிட்டு, எண்ணெய்ப் படிவுகள் இணைக்கப்படுகின்றன. இம்முறைக்குத் துப்பாக்கித் துளையிடும் முறை எனப் பெயர்.

எண்ணெய் உற்பத்திக் கட்டுப்பாடு. பெட்ரோலிய ஊற்றிலிருந்து மேலே கொண்டு வரப்படும் எண்ணெயின் அளவைக் கூட்டவோ குறைக்கவோ பயன்படுத்தும் பகுதியே உற்பத்திக் கட்டுப்பாட்டுத் தொகுதியாகும். இத்தொகுதியில் காப்புக் குழாயின் நடுவே ஒரு சிறிய எஃகு குழாய் பொருத்தப்பட்டு அக்குழாய் பெட்ரோலிய எண்ணெய்ப் படிவுகளோடு இணைக்கப்பட்டுக் குழாயின் மேற்புறம், 'கிறிஸ்துமஸ் மர' வடிவிலுள்ள அமைப்போடு இணைக்கப்பட்டு எண்ணெய் அளவு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. பெரும்பாலான எண்ணெய் வயல்களில் எண்ணெய் தானாகவே பீறிட்டு மேலே வரும் அளவுக்கு அழுத்தம் இராது. அவ்வகைக் கிணறுகளில் எக்கிகள் பயன்படுத்தப்பட்டு எண்ணெய் மேலே கொண்டு வரப்படுகிறது. சிற்சில இடங்களில ஓர் எண்ணெய்ப் படுகையில் பல இடங்களிலிருந்து ஒரே கிணற்றின்

வழியாக எண்ணெய் எடுக்கப்படுவதும் உண்டு. இவ்வாறு எடுப்பதற்கு அந்தப் படுகை பல பகுதி களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, தடுப்பு ஏற்படுத்த ஒவ்வொரு பகுதியிலும் ஓர் உறிஞ்சு குழாய் வைக்கப்பட்டு எண்ணெய் எடுக்கப்படுகிறது. இம்முறை மிகவும் சிக்கனமானதும் விரைவானதும் ஆகும்.

நீர்த்தடைகள். எண்ணெய் எடுப்பதற்கு நீரும் தடையாக அமைவதுண்டு. நீர் வாராமல் தடுக்கப் பலமுறைகள் கையாளப்படுகின்றன. குறைவான ஆழத்தில் மணற்பாறைகளிலிருந்து நீர் வந்தால் குழாய்க் கிணற்றின் அடிப்பகுதியில் சிமெண்ட் தடை ஒன்று வைத்து நீர் வருவது தடை செய்யப் படுகிறது. அழுத்தம் மிகுதியாகவுள்ள ஆழமான இடங்களிலிருந்து நீர் வந்தால் சிமெண்ட் அல்லது ஞெகிழிப் பொருள்களைக் கொண்டு பாறைகளிலுள்ள நீர்த் துளைகள் இறுக்கப்பட்டு அடைக்கப்படுகின்றன. நீர் வரும் பகுதிகளைக் கண்டறிந்து அப்பகுதிகளில் மட்டும் சிமெண்ட் வைத்து அடைத்து நிறுத்துவதும் உண்டு.

உற்பத்தி மேம்படுத்தும் முறை. எண்ணெய்க் கிணறு களில் தொடக்க காலத்தில் கிடைக்கும் எண்ணெய் யின் அளவு குறைவாகவே இருக்கும். இந்த அளவு சராசரியை விடக் குறைவாக இருந்தால் சிற்சில மேம் பாட்டு முறைகளைக் கையாண்டு எண்ணெய் வரும் அளவை அதிகரிக்கச் செய்வர். இம்முறைகள் அமில முறை, வெடிப்பு முறை, வெடி வைக்கும் முறை என மூவகைப்படும்.

சுண்ணாம்புப் பாறை, டோலோமைட் போன்ற கார்பனேட் பாறைகளில் எண்ணெய் வருவதற்கான வழிகள் போதிய அளவு இல்லாமல் இருந்தால் எண்ணெய் உற்பத்தி அளவு குறைவாக இருக்கும். எனவே அப்பாறைகளில் போதிய அளவு ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தைச் செலுத்திப் புதிய வழிகளை உருவாக்கி எண்ணெய் வரும் அளவைப் பெருக்குவர்.

சிற்சில கடினமான பாறைகளில் எண்ணெய் வெளிவருவதற்கான வெடிப்புகள் போதிய அளவு இருப்பதில்லை. அத்தகு பாறைகளில் வெடிப்புகள் விரிவுபடுத்தப்படுகின்றன. வெடிப்புகளை உருவாக் கும் பொருள்களை நீரோடு சேர்த்து உட்செலுத்திப் பாறைகளில் முன்னரேயுள்ள வெடிப்புகளில் மிகுதி யான அழுத்தத்தில் இறுக்கமாகச் செலுத்தி வைப்பர். அழுத்தத்தைக் குறைக்கும் பொழுது வெடிப்புகளில் உள்ள பொருள்கள் வெளியேறி வெடிப்புகளை விரிவாக்கிக் கொடுக்கும். இம்முறையில் தூய்மையற்ற பெட்ரோலிய எண்ணெய், தூய எண்ணெய், நீர், அமிலம் ஆகியவை வெடிப்புகளை விரிவாக்கும் பொருள்களாகப் பயன்படுகின்றன,

எண்ணெய் வரும் வழியில் ஏதேனும் அடைப்பு இருந்தால் வெடி வைத்து அந்த அடைப்பு நீக்கப் படுவதுண்டு. வெடி மருந்துப் பொருள்களை வைத்துத் தீயிடும் பொழுது ஓரளவு வெடித்துப் புதிய வெடிப்புகள் தோன்றி எண்ணெய் வரும் அளவு அதிகமாவதும் உண்டு

மணல் நீக்கம். மணற்பாங்கான பகுதிகளிலுள்ள எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கும் பொழுது, மணல் துகள்கள் குழாய் வழியே வந்து குழாய்க் கிணற்றை அடைத்து விடுவது உண்டு. சில சமயங்களில் எண்ணெயின் அளவு குறைவதற்கும் வாய்ப்பு உண்டு. எனவே, குழாய்க் கிணற்றிற்கு உள்ளே வரும் மணல் துகள்களைத் தடுக்க வேண் டும். அவ்வாறு தடுக்கப் பல வழிகள் உண்டு. அவற்றுள் முக்கியமானவை: வடிகட்டி முறை, மணலைக் கெட்டிப்படுத்தும் முறை, சரளை வடிகட்டி முறை எனப்படும்.

வடிகட்டி முறையில் துளையிட்ட குழாய்களின் வெளிப்புறத்தில் சல்லடைகளைப் பொருத்தி மணல் துகள் உள்ளே புகாமல் தடுத்து நிறுத்தப்படும். மிக நுண்ணிய துகள்கள் உள்ளே வந்தாலும் அவை எண்ணெய் அல்லது வளிமத்தோடு குழாயின் மேற் புறத்திற்கு வந்துவிடும். எனவே குழாய்க் கிணறு அடைபடும் தொல்லை இராது.

மணலைக் கெட்டிப்படுத்தும் முறை பெரும் பாலும் மணற்பாறைகளில் எண்ணெய் எடுக்கும் போது பயன்படுத்தப்படுகிறது. இம்முறையில் தேவை யான பசைப் பொருள்களைக் கொண்டு மணல் இறுக்கப்படுகின்றது. அவ்வாறு கெட்டிப்படுத்தும் பொழுது மணற் பாறையில் உள்ள துளைகள் முற்றி லும் அழிந்து போகாமல் நிலை நிறுத்தப்படுவதால் எண்ணெய் மட்டுமே வருவதுண்டு. மணல் துகள்கள் வருவதில்லை.

சரளையை வடிகட்டும் முறையில், மணலின் தன்மையைப் பொறுத்துச் சரளை தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டு, குழாய்க் கிணற்றுக்கு வெளியே சுற்றிலும் அமைக்கப்பட்டு, சல்லடை வைக்கப்படுகிறது. சல்லடை வழியே வரும் மணல் துகள் சரளைப் பகுதியில் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டு எண்ணெய் மட்டும் குழாய் வழியே செல்ல வழி செய்யப்படும்.

எண்ணெய் மற்றும் வளிமக் கிணற்றுச் சீராக் கலில் காப்புக் குழாய்களைக் கிணற்றின் உள்ளே இறுக்கி, எண்ணெய்க் குழாய்களை எண்ணெய்ப் படிவோடு இணைத்து, நீர்த்தடைகளை வென்று மணலை நீக்கம் செய்து உற்பத்தியை மேம்படுத்திக் கட்டுப்பாடான அளவில் எண்ணெய் எடுக்கப் படுகிறது.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய் வளிமக் கிணறு தோண்டல்

புவிக்கடியில் கிடைக்கின்ற பெட்ரோலிய எண்ணெய் மிக அருகிலோ பல்லாயிரக்கணக்கான மீட்டர் ஆழத்திலோ கிடைக்கின்றது. மிகு ஆழத்தில் கிடைக்கும் எண்ணெய் மற்றும் வளிமத்தைப் புவியின் மேற்பரப்பிற்குக் கொண்டு வருவதற்கு ஆழமான குழாய்க் கிணறுகள் அமைக்க வேண்டும். புவியின் கீழே செல்லச் செல்ல வெப்பமும் அழுத்தமும் மிகுதியாகிக் கொண்டே செல்வதால் கிணறு தோண்டும் பணி மிகக் கடினமாக அமைகிறது. குழாய்க் கிணறு தோண்டுதல் கடினமான பணி. குழாய்க் கிணற்றைக் குறிப்பிட்ட திசை மாறாமல் தோண்டுவதால்; தோண்டும் திசை சிறிது மாறினாலும் குறிப்பிட்ட இலக்கை அடைவதற்குப் பதிலாக வேறு இடத்திற்குக் குழாய்க் கிணறு சென்றுவிடும். மேலும், ஆழம் மிக, மிக ஒவ்வொரு மீட்டருக்கும் ஏற்படும் தோண்டும் செலவும் மிகும். மூன்றாவதாக, கிணறு தோண்டப் பயன்படுத்தப்படும் பாய்மம் வெடித்துச் சிதறுவதைத் தடுக்கும் வகையில் அழுத்தமுள்ளதாகவும், அதே சமயத்தில் குழாய்க் கிணற்றில் விரிசல்கள் ஏற்படுத்தா வண்ணமும் இருக்க வேண்டும்.

தோண்டு கிணற்றில் திசைக்கட்டுப்பாடு. எண்ணெய் மற்றும் வளிமக் கிணறு தோண்டுதலில் மிக முக்கியமாகச் செயல்படுத்தப்பட வேண்டிய காரணி, குழாய்க் கிணற்றில் திசைக்கட்டுப்பாடாகும். குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து ஒன்று அல்லது இரண்டு பாகை விலகினாலும் திசை குறிப்பிட்ட இலக்கை விட்டு மாறிவிடும். வேறுபட்ட கடினத் தன்மையுடைய சாய்வான பாறைகள், பெரும்பாலும் திசை விலக்கத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இயற்கையில் அமைந்துள்ள பாறைகளின் அமைப்பு பெரும்பாலான குழாய்க் கிணறுகள் நேராக அமைவதற்குத் தடையாக இருக்கின்றது. திசை விலகல் இல்லாமல் குழாய்க் கிணறுகள் தோண்ட, அவற்றைத் தகுந்த பொருள்களைக் கொண்டு அடைத்து வைத்துத் தோண்டும் முறை தற்கால முறையாகப் பின்பற்றப்படுகிறது. இம்முறை குழாயை அடைத்துத் தோண்டும் முறை (packed hole technique) எனப்படும்.

தோண்டும் செலவு. துரப்பணக் கருவி, தோண்டும் முனை, தோண்டும்போது பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்கள், துரப்பணக்கருவி செயல்படும் வேகம், தோண்டும் முனை பயன்படும் கால அளவு, தோண்டும் முனையை மாற்றுவதற்குத் தேவையான நேரம் போன்றவற்றால் எண்ணெய்க் கிணறுகளின் தோண்டும் செலவு முடிவு செய்யப்படுகிறது. கிணறு தோண்டப் பயன்படுத்தப்படும் துரப்பணக் கருவியின் விலை மிக அதிகம். பொதுவாக 5 கிலோ மீட்டர் வரை எண்ணெய்க் கிணறுகள் தோண்டும் போது தோண்டும் செலவு நியாயமானதாக அமைகிறது. நிலப்பகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படும் துரப்பணக் கருவிகளைவிடக் கடல் அண்மையில் பயன்படுத்தப்படும் துரப்பணக் கருவிகளின் தோண்டும் செலவு பலமடங்கு வேறுபடும். துரப்பணக் கருவிகளில் சராசரி வேகம் மணிக்கு 1.5 மீட்டர் என்றாலும் சிற்சில வலிமை குறைந்த மென் பாறைகளில் மணிக்கு 30 மீட்டர் கூடத் தோண்டப்படுவதும் உண்டு. சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சுழலும் (rotary drill) தோண்டுமுனைகளின் செயல்பாட்டு நேரம் 10-20 மணியாகும். தேய்ந்த முனைகளை மாற்றுவதற்குத் தேவையான நேரம் 10-20 மணியாகும். வைரத்தினாலான முனைகள் 50-200 மணி வரை செயல்பட்டு நேரத்தை மிச்சப்படுத்த வல்லன. ஆனால், இவற்றின் விலையோ மிக அதிகம். தோண்டும் செலவைக் குறைப்பதற்கு மிகச் சிறந்த வழி தோண்டும் வேகத்தை மிகைப்படுத்தி, தோண்டும் முனையின் பயன்பாட்டுக் காலத்தையும் அதிகப்படுத்துவதுதான்.

கிணறு தோண்டும் போது பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்கள். அதிக ஆழத்தில் கிணறு தோண்டும்போது அழுத்தம் மிக அதிகமாக உண்டு. இவ்வழுத்தம் கிணறு தோண்டும்போது பல இன்னல்களை உண்டாக்கும். அவ்வாறான இன்னல்களைக் குறைப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் நீர்ம வளிமப் பொருள்களே கிணறு தோண்டும்போது பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்கள் எனப்படுகின்றன. மிகு அழுத்தத்தின் காரணமாகக் கிணறுகள் வெடித்துச் சிதறுவதும் உண்டு. இவற்றைத் தடுப்பதற்காக மிகு அடர்த்தித் தனிமங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உப்புநீர் உள்ள பகுதிகளில் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்களின் அழுத்தம் 11-123 கிலோ பாஸ்கல் மீட்டர் வரை இருக்கும். பெரும்பாலான பாறைகளில் பாய்மத்தின் அழுத்தம் இந்த எல்லைக்கு உட்பட்டேயிருக்கும். கிணறு தோண்டும்போது பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்களின் அழுத்தம் குறைவாக இருந்தால், வெடித்துச் சிதறும் வாய்ப்பும் அதிகமாக இருந்தால், பாறைகளில் விரிசல் ஏற்படும். அவ்வாறு விரிசல் ஏற்படும்போது பாறை விரிசல்களில் பாய்மமும், தோண்டப்பட்ட துகள்களும் உள்ளே சென்று, எண்ணெய், குழாய்க் கிணறுகளுக்கு வரும் வேகத்தைக் குறைத்து விடும்.

தோண்டும் முனை சீராகச் செயல்படுவதற்கு மிகு அழுத்தமுள்ள பாய்மம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தோண்டு முனை, பாறைகளில் செயல்படும்போது பாறைகளில் உடையும் தன்மை அதிகமாகின்றது. அவ்வாறு உடைந்த பாறைகள் பாய்மங்களால் வெளிக் கொணரப்படும். பாய்மங்களின் அழுத்தம்

குறையும்போது உடைந்த பாறைப்பகுதிகள் உள்ளேயே தங்கி விடுகின்றன. அப்போது தோண்டு முனை செயல்பட்டு உடைந்த பகுதிகளை வெளியே தள்ளுகிறது. பாய்மம் செயல்படுவதற்குப் பதிலாகத் தோண்டு முனை செயல்படும்போது தோண்டு முனையில் தேய்மானம் அதிகமாவதோடு, தோண்டு கின்ற வேகமும் குறைந்து, தோண்டும் செலவை அதி கரிக்கின்றது. எனவே, பாய்மங்களின் சரியான அழுத்தம், எப்பொழுதுமே சீராகக் கவனிக்கப்பட வேண்டும். களிமண், நீர் ஆகியன இயற்பாய்மங் களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாய்மங்கள், பாறைகளின் தன்மைக்கும், எண்ணெய் வளிமம் கிடைக்கின்ற நிலைக்கும் தகுந்தவாறு மாறு படுகின்றன.

கிணறு தோண்டும் ஆய்வு. நூற்றுக்கணக்கான ஆண்டுகளாகக் கிணறு தோண்டும் முறையிலும், பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்களிலும், பாறைகளின் தன்மைகளைக் கண்டறிவதிலும் புதிய கருவிகளைப் பயன்படுத்துவதிலும் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப் பட்டு வருகின்றன. தோண்டும் வேகத்தை மிகைப் படுத்துவதற்காகச் சிறந்த பாய்மங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. கிணறு தோண்டும்பொழுது நீரால் இடையூறு ஏற்பட்டால் நீர் உறைய வைக்கப்படும். உள்ளிருக்கும் பாறைகள் சரியாகக் கணிக்கப்பட்டு மிகு அழுத்தப்பகுதிகள் கண்டறியப்படுகின்றன. புவிக்குக் கீழேயுள்ள பாறைகள் என்னவென்று தெளிவாகத் தெரியும்போது அவற்றிற்கான தோண்டும் முனைகள் வடிவமைக்கப்பட்டு வேகமாகவும், பாது காப்பாகவும் கிணறுகள் தோண்டப்படுகின்றன. பாறைகளில் கடினத்தைச் சரியாகக் கண்டறிந்து பொருத்தமான தோண்டு முனைகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. பாறைகளின் தன்மைகளைக் கண்ட றிந்தவுடன் மிக நுண்ணிய தோண்டு முனைகளைக் கொண்டு படிமங்கள் அமைத்து, ஆய்வுகள் மேற் கொள்ளப்பட்டு அவை எண்ணெய் வயல்களில் பயன் படுத்தப்பட்டன.

வளர்ந்து வரும் ஆய்வின் காரணமாக எண்ணெய்ப் பாறைகளின் தன்மைகள் நன்கு அறியப் பட்டு அவை கையாளும் முறைகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. மிகக் கடினமான பாறைகளில் வேக மாக நீரைப் பாய்ச்சி உடைக்கும் முறை ஒரு புதிய முறையாகும். மின்வினை வளைவுகள், லேசர், மின்பொறி, மின் ஒளிமுறை ஆகியவை கிணறு தோண்டுதலில் புதிய முறைகளாகக் கருதப்படுகின் றன. இம்முறைகள் பயன்படுத்தப்படும்போது காலமும், பணமும் மிச்சப்படுத்தப்படுகின்றன. ஆராய்ச்சிகள் மேன்மேலும் பெருகி வந்தாலும் நடைமுறையில் இன்னும் பழைய முறையான துரப் பணக் கருவி கொண்டு எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டும் பணி தொடர்ந்து நடைபெற்று வருவது குறிப்பிடத்தக்கது.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய் வளிமக் கொள்கலன்

பெட்ரோலிய எண்ணெயை இரு பெரும் பிரிவாகப் பிரிக்கலாம். அவை, தூய்மைப்படுத்தப்பட்டு தரம் பிரிக்கப்பட்ட பெட்ரோல், டீசல், மண்ணெண் ணெய் ஆகியன. எண்ணெய்க் சிணறுகளிலிருந்து எடுத்த எண்ணெய், தூய்மைப்படுத்தும் ஆலைகளில் தரம் பிரிக்கப்படுகின்றது. தூய்மைப்படுத்தப்படாத எண்ணெய் ஆலைக்குச் செல்வதற்கு முன்னும், தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட எண்ணெய் மக்களை அடை வதற்கு முன்பும், தேக்கி வைக்கப் பயன்படுத்தப்படும் கலன்கள், கொள்கலன்கள் எனப்படும். தற்காலத்தில் இவை நிலைகொள்கலன்கள், ஊர்திக் கொள் கலன்கள் என இருவகைப்படும். அன்றாட வாழ்வில் வீடுகளில் மண்ணெண்ணெய் வைத்துப் பயன்படுத்தப் படும் ஞெகிழிக் கலன், தகர டப்பா, பீப்பாய் முதலியவையும் பெட்ரோல், டீசல் விற்பனைக் காகத் தேக்கி வைக்கப்பட்டிருக்கும் பெட்ரோல் இரும்புத் தொட்டிகளும், புகைவண்டி நிலையங்களில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் மிகப்பெரிய இரும்புக் கலன் களும் நிலை கொள்கலன்களாகும். லாரி, புகை வண்டி, கப்பல் ஆகியவற்றில் எண்ணெய் எடுத்துச் செல்லும்போது இவை கொள்கலன்கள் ஆகின்றன. பொதுவாகக் கொள்கலன்கள் 5 லிட்டர் கொள்ளும் மண்ணெண்ணெய் ஞெகிழிக் கலன்களி லிருந்து பல லட்சம் டன் ஏற்றிவரும் கப்பல் வரை வேறுபடுகின்றன.

சூயஸ் கால்வாய் மூடப்பட்டிருந்த காலத்தில் கொள்கலன்கள் துறையில் ஒரு புரட்சி ஏற்பட்டது. எண்ணெய் ஏற்றிச் செல்லும் கப்பல்கள் மிகு தொலைவு பயணம் செய்ததால் உற்பத்திக்கும், பயன்பாட்டிற்கும் இடையே ஓர் இடைவெளி ஏற் பட்டது. உற்பத்தி குறையாமலிருந்து விற்பனை குறைந்ததால் கொள்கலன்களை எராளமாக உரு வாக்க வேண்டிய கட்டாயம் ஏற்பட்டது. உற்பத்தி செய்யும் இடத்திலேயே மிகப் பெரிய கொள்கலன்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அமெரிக்க நாட்டில் கலிபோர்ஃ னியாவில் கட்டப்பட்ட ஒரு கொள்கலனின் அளவு $300 \times 150 \times 8$ மீட்டராகும். எண்ணெய் உற்பத்தி செய்யும் இடங்களில், ஒரு லட்சம் பீப்பாய்கள் கொள்ளளவு கொண்ட பல கொள்கலன்கள் தொடர்ச்சியாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கொள் கலன்கள் எல்லாம் இரும்பு, கற்காரை, ஞெகிழி போன்ற பொருள்களால் ஆனவை.

கடலில் கொள்கலங்கள். நிலப்பகுதியில் எண்ணெயைத் தேக்கி வைப்பது கடினமான செயலன்று. ஆனால் கடலில் தேக்கி வைப்பது மிகவும் கடினமான செயலாகும். கடல் அண்மை எண்ணெய் வயல்கள் பெரும்பாலான நாடுகளில் கண்டுபிடிக்கப் பட்டதால் கடலில் கொள்கலன்களின் தேவை அதிகமாயிற்று. பொதுவாகக் கடலுக்கடியில் எண்ணெயைச் சேமித்து வைப்பதற்கு, கொள்கலன்கள் கட்டப்படுவதோடு பழைய கப்பல்களையும் கொள்கலன்களாகப் பயன்படுத்துவதும் உண்டு. கடல் அண்மையில் எடுக்கும் எண்ணெயைக் குழாய் வழியாக நிலப்பகுதியோடு இணைத்துக் கடல் பகுதியில் தேக்கி வைக்க வேண்டிய சிரமத்தைக் குறைத்துக் கொள்வார்கள்.

புவிக்கடியில் கொள்கலன்கள். புவிக்கடியில் இயற்கையாகவே குகைகள் அமைந்துள்ளன. சுண்ணாம்புப்பாறைக் குகைகளைப் பெட்ரோலிய எண்ணெயைத் தேக்கி வைப்பதற்குப் பல நாடுகளில் பயன்படுத்துகிறார்கள். அமெரிக்கா, கனடா, பெல்ஜியம், பிரான்ஸ், ஸ்வீடன், ஜெர்மனி போன்ற நாடுகளில் குகைகளில் தேக்கி வைக்கும் பழக்கம் உள்ளது. புரோப்பேன், பியூட்டேன் போன்ற வளிமங்களும் புவிக்கூடியில் தேக்கி வைக்கப்படுவது உண்டு.

பல நாடுகளில் புவிக்கடியில் கொள்கலன்கள் கட்டி அவற்றில் இயற்கை வளிமங்களைத் தேக்கி வைத்திருக்கிறார்கள். இத்தேக்கங்கள் பெரும்பாலும் நுகர்வோர் மிகுதியாக வசிக்கும் நகர்ப்புறங்களுக்கு அருகிலேயே கட்டப்பட்டு வளிமம் தேக்கி வைக்கப் படுகிறது. இவற்றிலிருந்து வீட்டு உபயோகத்திற்குக் குழாய் மூலமோ தேவையான பொழுது சிறு கொள் கலன்களில் அடைத்தோ பயன்படுத்துகிறார்கள். கோடைக் காலங்களில் தேக்கி வைத்து மழைக் காலங்களில் பயன்படுத்துவதும் உண்டு.

ஏற்கெனவே எண்ணெய் எடுக்கப்பட்ட கிணறுகள், துளையுள்ள மணற்பாறைப் பகுதிகள், நீர் எடுத்த பிறகு எஞ்சியுள்ள குழாய்க் கிணறு மற்றும் ஆர்ட்டீசியன் தன்மையுள்ள நிலப்பகுதிகளில் எண்ணெயும் வளிமமும் தேக்கி வைக்கப்படுவதுண்டு. இவ்வாறு தேக்கி வைக்கப்படும் எண்ணெய் வளிமம் தேவைக்குத் தகுந்தாற்போல் எக்கி மூலம் எடுக்கப் படும்.

வீடுகளில் பயன்படுத்தப்படும் இயற்கை வளிமம் நீர்ம புரோப்பேன் வளிமமாகும். இரும்புக் கலன்களில் தகுந்த அழுத்தத்தில் இயற்கை வளிமம் அடைக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சிறிய கலன்களில் அடைக்கும் முன்னர் இவ்வளிமம் மிகப் பெரிய கோள வடிவ இரும்புக் கொள்கலன்களில் தேக்கி வைக்கப்படுவதுண்டு. சென்னை, கொச்சி, கோவை போன்ற நகரங்களில் சிறு கலன்களில் நீர்ம புரோப்பேன் வளிமத்தை நிரப்பும் தொழிற் சாலைகள் உண்டு.

இந்தியாவில் பெரும்பாலான எண்ணெய் தூய்மை செய்யும் ஆலைகள் பம்பாய், சென்னை, விசாகப்பட்டினம், கொச்சி போன்ற கடற்கரை நகரங்களில் அமைந்திருப்பதால், வெளிநாடுகளிலிருந்து இறக்குமதி செய்யப்படும் பெட்ரோலிய எண்ணெய் கப்பல்களிலிருந்து நேரடியாக இந்த ஆலைக்குச் சென்றுவிடுகிறது. எனவே, கொள்கலன்களின் தேவைச் சிக்கல்கள் அதிகமில்லை. பம்பாய் போன்ற கடல் அண்மைக் கிணறுகளிலிருந்து இவ்வாலைகளுக்கு நேரடியாகக் குழாய்கள் மூலம் எண்ணெய் செல்வதால் கடலில் கொள்கலன்களின் தேவை அதிகமில்லை. ஆனால் சரியான கொள் கலன்கள் இல்லாத காரணத்தால் இயற்கை வளிமம் கடற்பகுதியிலேயே ஓரளவு எரிக்கப்படுகிறது.

கொள்கலன்களில் எண்ணெயையோ வளிமத்தையோ தேக்கி வைக்கும்போது பாதுகாப்பாக வைத்திருத்தல். எளிமையாக எடுத்தல், ஆவியாக மாறி வீணாகாமல் தடுத்தல் போன்ற முக்கிய கருத்துகளைக் கருத வேண்டும்.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெய் வளிம வயல்களின் தீர்க்கை

எண்ணெய், வளிமம் அல்லது இரண்டும் கிடைக்கும் இடங்கள் எண்ணெய்ப் படிவுகள் எனப்படுகின்றன. பல எண்ணெய்ப் படிவுகள் கொண்ட பல கிணறுகள் உள்ள இடத்தை எண்ணெய் வயல் எனக் குறிப்பிடலாம். இத்தகு எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் மற்றும் வளிமம் எடுத்தலையே தீர்க்கை என்பர். எண்ணெய் வயல்கள் வணிக அளவில் பயன் தரத் தக்கவையாக அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.

மேம்பாடு. எண்ணெய் வயல்களைக் கண்டறிதல், குழாய்க்கிணறு தோண்டுதல், துளையிடுதல், வளப் படுத்துதல், எண்ணெய் எடுக்கத் தேவையான கருவிகளைத் தொகுத்தல் போன்ற பல்வேறு வகையான செயல்கள் மேம்பாடு எனக் கூறப்படுகின்றன.

ஹைட்ரோகார்பன்களால் ஆக்கப்பட்ட நீர்ம, வளிமப் பொருள்களுக்கும் பொதுவான பெயர் பெட்ரோலியம் ஆகும். இப்பொருள்கள், வெப்பம், அழுத்தம் காரணமாக வெவ்வேறு நிலைகளை அடைகின்றன. சாதாரணமாகப் பெட்ரோலிய எண்ணெய்

வயல்களில் 16° - 149°C வரை வெப்பமும் வளி மண்டல அழுத்தத்திலிருந்து 11,000 psi வரை அழுத்தமும் காணப்படுகின்றன. ஹைட்ரோகார்பன்கள் வெப்ப, அழுத்த வேறுபாட்டாலும், பிற பொருள்களில் கரையும் தன்மை வேறுபடுவதாலும் வெவ்வேறு நிலைகளில் கிடைக்கின்றன.

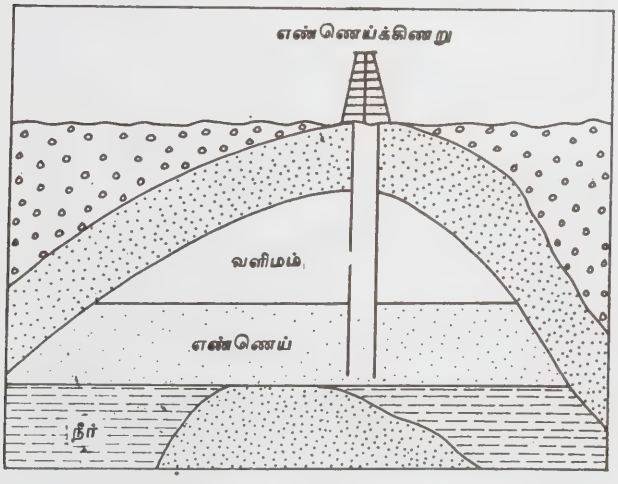
பெட்ரோலியம் பொதுவாகப் புவிக்குக் கீழே இருக்கும் பாறைகளில் உள்ள நுண்துளைகளில் கிடைக்கின்றது. நுண்துளைகள் கண்ணுக்குத் தெரியாத சிறிய அளவிலிருந்து 2.5 செ.மீ. வரை விட்டமுடையவை. இத்துளைகளை உடைய பாறைகள் பொதுவாக மணற்பாறை, சுண்ணாம்புப் பாறை என இரு வகைப்படும். தமிழ் நாட்டினுள் நாகப்பட்டினம் பகுதியில் எண்ணெய் கிடைக்கும் பாறைகள் மணற்பாறைகளாகவும் மகாராஷ்ட்ரத்திலுள்ள பம்பாய் கடலண்மைப் பகுதிப் பாறைகள் சுண்ணாம்புக்கல் பாறைகளாகவும் உள்ளன.

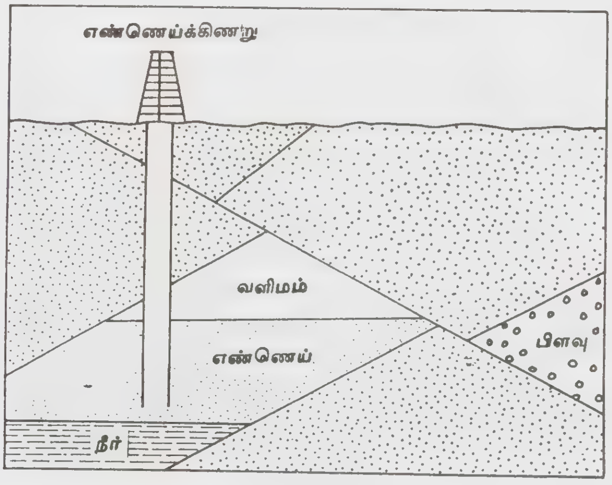
எண்ணெய் வயல் மேம்பாடு. நிலவியல் மற்றும் நில இயற்பியல் துணை கொண்டு பெட்ரோலிய எண்ணெய் வயல்களின் நில அமைப்புகள் நன்கு அறிந்து கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. வணிக அளவில் உற்பத்தித் திறன் கொண்ட இத்தகு வயல்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவுடன் அவற்றின் எல்லைகள் வரையறுக்கப்பட்டு எண்ணெய்ப் பகுதியின் ஆழம், படிவுகளின் அகலம் போன்றவை வசதி செய்யப்பட்டு எண்ணெயை வெளிக் கொணரும் முறை திட்டமிடப்படுகிறது. தமிழகத்தில் காவிரிப்படுகைப் பகுதியின் நிலப்பகுதியில் 25,000 ச. கிலோ மீட்டர் பகுதியிலும் கடல் அண்மையில் 23 ஆயிரம் ச.கிலோ மீட்டர் பகுதியிலும் எண்ணெய் வளம் இருப்பதாக ஆய்வு செய்யப்பெற்றுத் தற்போது கரையிலிருந்து 20,000 கி.மீ. தூரத்தில் பரங்கிப் பேட்டைக்கு அருகே எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டப்பட்டுள்ளது. இது வணிக அளவில் உற்பத்தி தரும் கிணறாகும்.

எண்ணெய் வயல்களிலிருந்து எண்ணெய் கிடைக்கும் அளவை அறுதியிடும் பணியும், வெளிக்கொணரும் பணியும் ஒரே நேரத்தில் திட்டமிடப்படுகின்றன. இத்திட்டத்தில் பணி நடைபெறும்போது புதிய செய்திகளைக் கருத்தில் கொண்டு தேவைப்பட்டால் மாற்றங்கள் செய்யப்படுவதும் உண்டு.

எண்ணெய் வயல்களில், கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கும்போது சில முக்கிய அடிப்படைக் கோட்பாடுகளைக் கருத்தில் கொள்ளல் வேண்டும். அவை, காலம், எண்ணெய் அளவு, முதலீடு ஆகியவையாகும். குறைந்த கால அளவில், குறைவான முதலீட்டில் அதிக அளவு எண்ணெய் எடுத்தலே முதற் குறிக்கோளாகும். தவிர எந்த ஒரு எண்ணெய்க் கிணற்றிலும் எடுக்கப்படாமல் எண்ணெயை விட்டுச் செல்லல் கூடாது. அவ்வாறு எடுக்கப்படாமல் விடுபட்ட எண்ணெயை மீண்டும் எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டி எடுக்க முடியாது என்பதால் அது முற்றிலும் பயன்படுத்த முடியாத தொன்றாகி விடும்.

எண்ணெய் வயல் மேம்பாட்டில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் பிற கருத்துகள் கிணறுகளின் எண்ணிக்கை, தோண்டும் செலவு, எண்ணெய் எடுக்கும் செலவு ஆகியவையாகும். சாதாரணமாக எண்ணெய் வயல்களில் முப்பத்திரண்டு ஹெக்டேருக்கு ஒரு கிணறு வீதம் ஒரு கிணற்றுக்கும் மற்றொன்றிற்கும் உள்ள இடைவெளி சுமார் 600 மீட்டராகத் தோண்டப்படுகின்றன. கிணறு

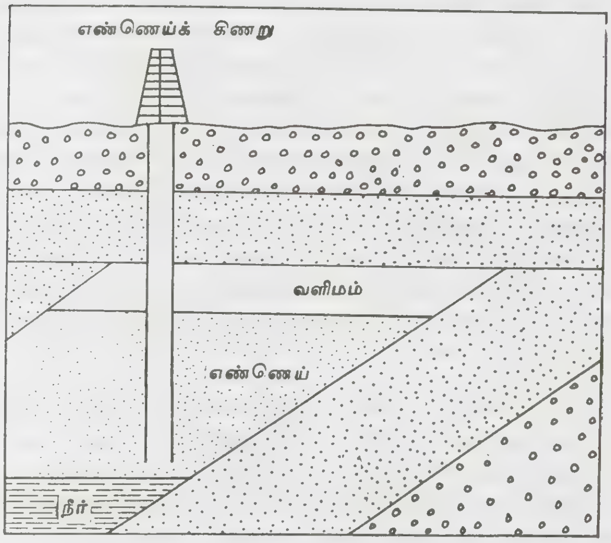




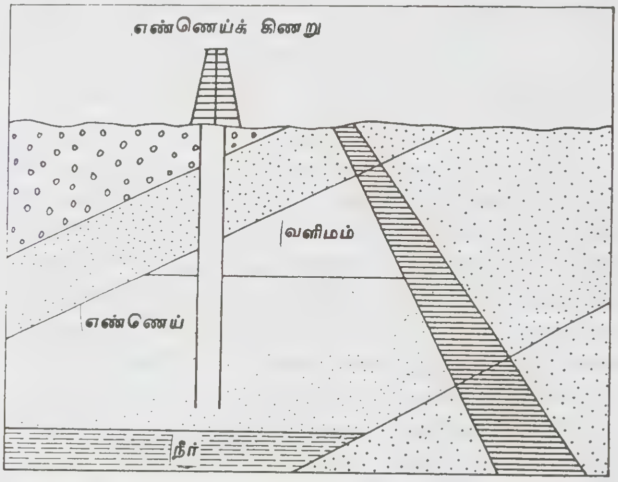
படம் 1. (அ) மேல் மடிப்பில் எண்ணெய்க் கிணறு (ஆ) பிளவுகளில் எண்ணெய்க் கிணறு

தோண்டும்போது, தோண்டுபவர் ஒரே கிணற்றி லிருந்து பல எண்ணெய்ப் படிவுகளிலும் எண்ணெய் எடுக்குமாறு கிணற்றை அமைத்தால், எண்ணெய் எடுக்கும் செலவு மிகவும் குறையும். அவ்வாறன்றி ஒவ்வொரு படிவுக்கும் ஒரு கிணறு தோண்டினால் செலவு மிகுதியாகும். இரண்டு அல்லது மூன்று படிவுகளிலிருந்து ஒரே கிணற்றின் மூலம் எண்ணெய் எடுத்தால் மிகவும் சிக்கனமாகும். சிற்சில கிணறுகளில் முதலில் மிக ஆழமான படிவுகளில் உள்ள எண் ணெயை எடுத்துவிட்டு அப்பகுதியை அடைத்து விட்டு அதற்கு மேலே உள்ள படிவில் உள்ள எண்ணெய் எடுக்கப்படும். இதுவும் ஒரு சிக்கனமான முறையாகும். சிற்சில படிவுகளில் எண்ணெய் நிறைய இருந்தால் ஒரே படிவில் இரண்டு அல்லது மூன்று கிணறுகள் வரை தோண்டப்படும். இவை இரட்டைக் கிணறுகள், மூன்று கிணறுகள் எனக் குறிப்பிடப்படும். எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கும் பொழுது எவ்வளவு குறுகிய காலத்தில் அதிகமான எண்ணெய் எடுக்கமுடியுமோ அவ்வளவு நல்லது. ஏனெனில் எடுக்கும் எண்ணெயை விற்றுப் பணம் சேர்ப்பதோடு நடைமுறைச் செலவும் குறையும்.

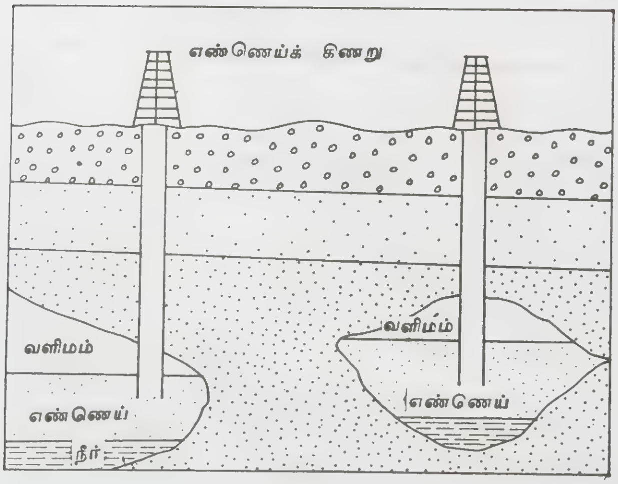
எண்ணெயும் வளிமமும் பெரும்பாலும் ஒன் றாகவே கிடைப்பதால், ஒரே கிணற்றிலிருந்து



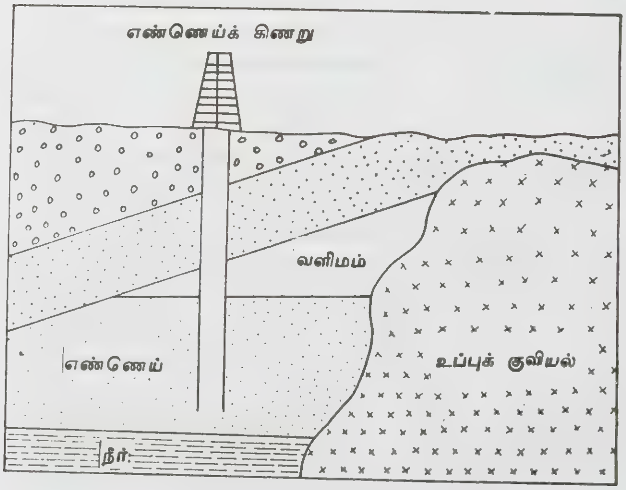
(அ)



(ஆ)



(இ)



(ஈ)

படம் 2. (அ) இருகாலப் பாறைகளில் எண்ணெய்க்கிணறு (ஆ) செம்பாளப்பாறை எண்ணெய்க் கிணறு (இ) மணற் தொகுப்பு எண்ணெய்க் கிணறு (ஈ) உப்புக்கோள எண்ணெய்க் கிணறு

இரண்டும் எடுக்கப்படுகின்றன. எண்ணெயில்லாமல் வளிமம் மட்டுமே கிடைக்கும் கிணறுகளில் வளிமம் தானே மேலே வருவதால் வெளிக் கொணரும் செலவு குறைவு. ஆனால் சிற்சில இடங்களில் கிணற்றிலுள்ள தண்ணீரால் சில சிக்கல்கள் ஏற்படும். அப்போது நீரை எக்கிகளின் மூலம் வெளிக் கொணர்ந்து வளிமத்தை எடுக்கலாம்.

எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெயை வெளிக்கொணரும் முறை பற்பல காரணங்களால் வேறுபடுகின்றன. முக்கியமான காரணங்கள் கிணற்றின் ஆழம், அளவு, எண்ணெயின் நெகிழ்வுத் தன்மை, அடர்த்தி நீர் அளவு, எண்ணெய் வளிம விழுக்காடு, துளைகள் அழுத்தம் ஆகியனவாகும். மேலும் பாரபின் மெழுகு, மண் அளவு, கிணற்றில் பயன் படுத்தப்படும் பாய்மங்களால் ஏற்படும் அரிமானம் போன்றவையும் எண்ணெய்க் கிணறுகளின் மேம் பாட்டையும், வெளிக்கொணரும் முறைகளையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. எண்ணெய் எடுத்தலை அதிகப்படுத்த, சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தும் முறைகள் அமில முறை, எண்ணெய்ப் பாறைகளை நீர்மம் கொண்டு பிளத்தல், சல்லடை அமைத்தல், மண் சரளைக் கற்களைக் கொண்டு கெட்டித்தல் போன்றவையாகும்.

கிடைக்கும் எண்ணெய், கிணற்றுக்குக் கிணறு வேறுபடும். எண்ணெய்க் கிணறுகளில் ஒரு பீப்பாய்க் குக் குறைவாகவும் பல்லாயிரக்கணக்கான பீப்பாய் களுக்கு அதிகமாகவும் எண்ணெய் கிடைக்கும். இவ்வாறு கிடைக்கும் எண்ணெய் தானே வெளிவரும் எண்ணெயாகவோ எக்கிகள் மூலம் வெளிக்கொணரும் எண்ணெயாகவோ இருக்கலாம். (1பீப்பாய்= 0.159 கனமீட்டர்) எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து மிகக் குறைவான காலத்தில் மிக அதிகமாக எண்ணெய் எடுத்தலையே குறிக்கோளாகக் கொண்டு செயல் படுவர். இவ்வாறு செயல்படுவதற்கு லாப நோக்கமே காரணமாகும். எண்ணெய் எடுக்க அதிகமாகும் ஒவ்வொரு மணி நேரமும் அதிகப்படியான செல வினங்களைக் கொடுத்துக் கொண்டேயிருக்கும். மேலும் துரப்பணக் கருவி வாடகை, சம்பளம், முதலுக்கான வட்டி போன்றவை நாளுக்கு நாள் வளர்ந்து கொண்டே இருக்கும். எனவே ஒரு கிணற்றி லுள்ள எண்ணெயை மிகக் குறைந்த கால அளவில் வெளிக் கொணர்வர்.

தேவையென்றால் எண்ணெய் மீட்பு முறையைக் கையாண்டு, எண்ணெய் வெளியே எடுக்கப்படும். இம்முறையில் நீர், நீராவி, காற்று போன்றவற்றை உட்செலுத்தி எண்ணெய் வெளிக்கொண்டு வரப் படும்.

சட்டமும் இயற்கைக் கட்டுப்பாடுகளும்: அமெரிக்கா போன்ற சில நாடுகளில் தனியார் எண்ணெய் வயல்கள் உண்டு. இவ்வயல்கள் குத்தகைக்கு விடப்பட்டு எண்ணெய் எடுக்கப்படும். அவ்வாறு குத்தகைக்கு எடுக்கப்பட்ட இடங்களைத் தவிர பிற இடங்களில் உள்ள எண்ணெயை எடுப்பது சட்டப்படி குற்றமாகும். ஆனால், எண்ணெய் ஓடும் தன்மை உடையது. மிகு அழுத்தமான இடத்திலிருந்து குறை வான அழுத்தப் பகுதிக்கும், மேட்டிலிருந்து பள்ளத் திற்கும் ஓடும் நிலையுடையது. குத்தகை எடுக்கும் போது குத்தகை நிலத்தில் இருந்து எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டியவுடன் பிறர் நிலத்திற்குச் சென்றுவிட்டால் சட்டச் சிக்கல்கள் எழுகின்றன.

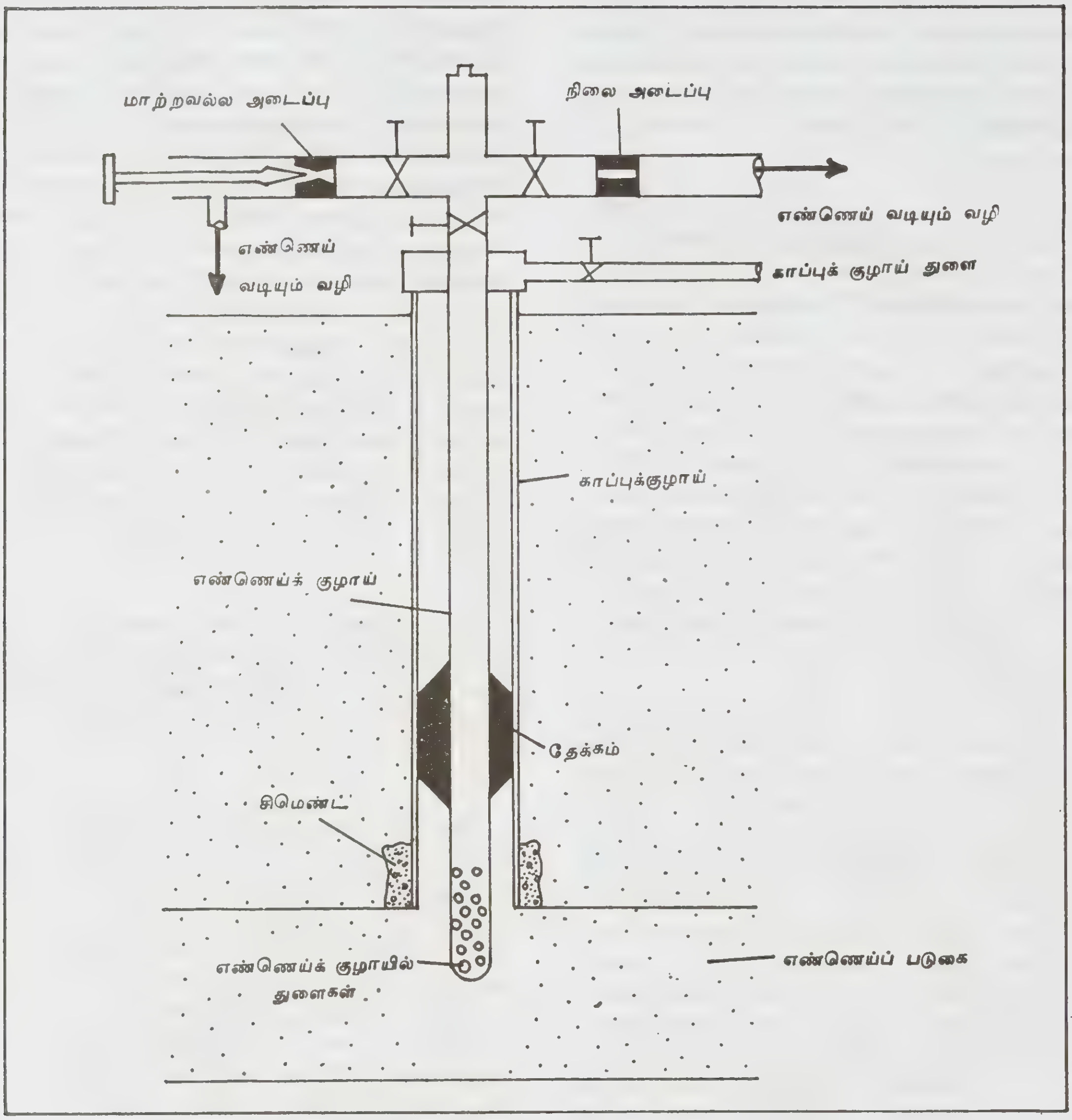
இந்தியா மற்றும் அரபு நாடுகளில் அரசு மற்றும் அரசுச் சார்பு நிறுவனங்கள் மட்டுமே எண்ணெய் எடுப்பதால் இது போன்ற சிக்கல்கள் வருவதற்கு வாய்ப்பில்லை. தரைப்பகுதியில் இல்லையென்றாலும் சிற்சில சமயங்களில் கடற்பகுதியில் இது போன்ற சிக்கல்கள் வேற்று நாட்டோடு வரக்கூடும்.

உற்பத்தி முறை

எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கும் முறை ஆறு வகைப்படும். அவை தானே மேல் வருதல், எக்கிகள் மூலம், வளிமத்தின் மூலம் கீழ்நிலை எக்கிகள், மையவிலக்குவிசை எக்கிகள் தாரை எக்கிகள் ஆகும்.

தானே மேல் வருதல். எண்ணெய் உற்பத்தியில் மிகவும் சிக்கனமான முறை இதுவேயாகும். இம் முறையில் எண்ணெய் உற்பத்தி செய்வதை எதிர்பார்த்த அளவு குழாயில் எண்ணெய் வரும் வரை பின்பற்றுவார்கள். வருகின்ற எண்ணெயின் அளவு குறைந்தால் எக்கிகளின் துணையாலோ பிற முறைகளினாலோ எண்ணெயின் உற்பத்தி அளவை அதிகரிப்பார்கள். இம்முறை சிக்கனமான முறை என்றாலும் சிறிது ஆபத்தான முறை. ஏனெனில் சிற்சில இடங்களில் மிகை அழுத்தம் காரணமாக எண்ணெய் பீறிட்டு வரும்போது மேலே உள்ள 'கிறிஸ்துமஸ் மர' அமைப்புகளை எல்லாம் உடைத்து வெளியேறும். அத்தகு இடையூறுகளைத் தடுக்க கிறிஸ்துமஸ் மர அமைப்பில் கட்டுப்படுத்தும் அடைப் பான்களைப் பொருத்தி எண்ணெய் வரும் அளவைக் கட்டுப்பாட்டில் வைத்திருப்பதுண்டு. சிற்சில எண் ணெய்க்கிணறுகளில் குழாய்க் கிணற்றின் அடிப்பகுதி யிலும் ஒரு கட்டுப்பாட்டுத் தொகுதி அமைக்கப் பட்டு அடைப்பான்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒருவேளை மேற்பகுதி பழுதுபட்டாலும் கீழே உள்ள பகுதி எண்ணெய் வரும் அளவைக் கட்டுப்படுத்தும் நிலையில் இருக்கும்.

இத்தகைய தானே வழங்கும் எண்ணெய்க் கிணறுகள் இந்திய எண்ணெய் வயல்களில் இல்லை



படம் 3. இயற்கைப் பாய்மத்தின்படி எடுக்கப்படும் எண்ணெய்க் கிணற்றின் வெட்டுமுகத்தோற்றம்.

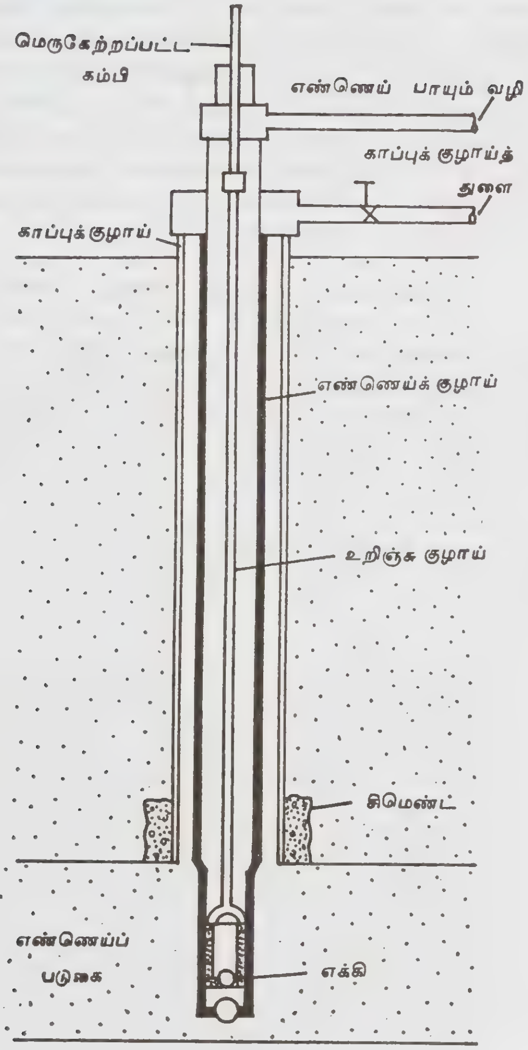
யென்றாலும் அரபு நாடுகளில் மணிக்கு 10,000 பீப்பாய்கள் வழங்கும் கிணறுகளும் உண்டு.

எக்கிகள் மூலம் எடுத்தல். பெரும்பான்மையான எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து எக்கிகள் மூலமே எண்ணெய் வெளிக் கொணரப்படுகிறது. இந்தியாவில் உள்ள எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து இம்முறை மூலமே எண்ணெய் எடுக்கப்படுகிறது. இதற்காக இருவகை எக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை எந்திர எக்கிகள், பாய்ம எக்கிகள் எனப்படும். எந்திர எக்கிகள் நாள் ஒன்றுக்கு 3000 பீப்பாய்கள் வரை ஏற்றும் திறமை கொண்டவை.

இவை தவிர வளிமத்தை உட்செலுத்தி ஏற்றும் முறை, தரைமட்டத்தில் அமைக்கப்படும் பாய்ம எக்கிகள், மையவிலக்கு விசை எக்கிகள், தாரை எக்கிகள் ஆகியவையும் பயன்படுவதுண்டு.

உற்பத்தியில் இடையூறுகள். அரிமானம், பேரபின் மெழுகு அடைப்பு, எண்ணெய் நீர்க்கலவை, வளிமச் சேமிப்பு, உப்பு நீர் வெளியேற்றம், கடலண்மைக் கிணறுகளின் இன்னல்கள் போன்றவை, எண்ணெய் உற்பத்தியில் குறிப்பிடத்தக்க இடையூறுகள் ஆகும்.

கார்பன்டைஆக்சைடு, கொழுப்பு அமிலங்கள், ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு, ஆக்சிஜன் போன்றவை



படம் 4. எக்கிகள் மூலம் எண்ணெய் எடுக்கும் குழாய்க் கிணற்றின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றம்

யாலும் மின் வேதியல் வினைகளாலும், எண்ணெய்க் குழாய்கள் மற்றும் ஏனைய கருவிகளில் அரிமானம் ஏற்பட்டுப் பெருஞ்செலவு ஏற்படுகிறது.

எண்ணெய்ப்படுகையில் பேரபின் மெழுகு ஓரளவு காணப்படுகிறது. இது எண்ணெய்க் குழாய்களில் நாளடைவில் சேர்ந்து கட்டியாகி எண்ணெய் வரும் வழிகளை அடைத்துக் கொள்ளும். இக்கட்டிகளை உடைத்து வெளியேற்றிய பிறகுதான் எண்ணெய் எடுக்க முடியும். பாரபின் மெழுகுக் கட்டியை உடைக்க நன்றாகக் காய்ச்சிய எண்ணெயை ஊற்றி உருகவைத்தல், சுரண்டி எடுத்தல், மின் கருவிகளின் துணையோடு வெப்பமாக்கி உருகவைத்தல், மின் சக்தியால் உருகவைத்தல், நீராவியால் உருகவைத்தல் போன்ற பல முறைகள் உள்ளன. எண்ணெயோடு வெளியேற்றும் முறையும் ஞெகிழி உட்பூச்சு முறையும் தடுப்பு முறைகளாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

கடல் ஓரப்பகுதிகளில் உப்பு நீர், எண்ணெய்க் கிணறுகளிலிருந்து வெளிவருவதுண்டு. இவ்வாறு வெளிவந்த நீரை அப்புறப்படுத்துவது பெரிய வேலையாகும். எண்ணெய்க் கிணற்றிற்குப் பக்கத்திலேயே ஒரு கிணறு தோண்டி அக்கிணற்றில் உப்பு நீரை உட்செலுத்தி அப்புறப்படுத்துவதும் உண்டு. இதன் மூலம் எண்ணெய்ப் படிவுகளில் அழுத்தமும் எண்ணெய் வெளிவரும் அளவும் குறையாமல் இருக்கும். ஆனால், கிணறு தோண்டி உப்பு நீரை உட்செலுத்துவதால் எண்ணெயின் உற்பத்திச் செலவு சற்று உயரும்.

எண்ணெயும், உப்புநீரும் சேர்ந்து சில கிணறுகளில் ஒரு கலவையாக வெளிவரும். 90% உப்புநீர் கூட இக்கலவையில் இருக்கும். கலவையைப் பிரித்து எண்ணெயைத் தனியே எடுக்க, கிணற்றின் உள்ளே வெப்பமாக்குதல், வேதிப் பொருள்களை உட்செலுத்துதல், மின்னாற்பகுப்பு முறை, மின்னோட்டம் செலுத்திப் பிரிக்கும் முறை போன்ற வழி முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன. கடல் அண்மையிலுள்ள கிணறுகளில் கடல் அலைகள், சூரிய வெப்பம், சூறாவளிக்காற்று, துரப்பணக் கருவி மேடை வெடித்துச் சிதறும் அபாயம் போன்ற பல இன்னல்கள் உண்டு. வளிமம் தீப்பற்ற அதனாலும் இழப்பு ஏற்படுவதுண்டு.

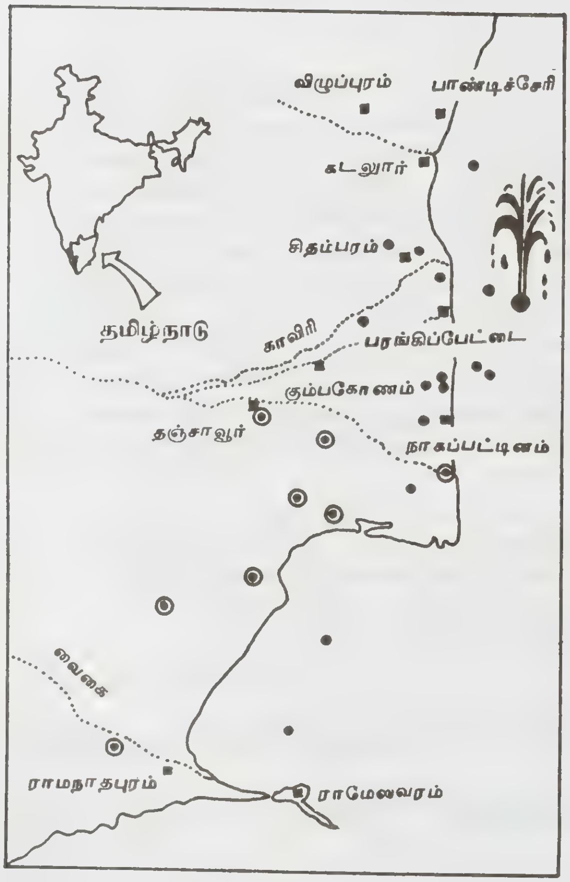
எண்ணெய் மற்றும் வளிம வயல்களின் தீர்க்கை என்பது எண்ணெய் வயல்களில் கிடைக்கும் முழு அளவு எண்ணெயையும் முடிந்தவரை இன்னல்களைக் கடந்து மேம்படுத்தப்பட்ட முறைகளால் எடுப்பதேயாகும்.

- இராம. இராமநாதன்

எண்ணெயும் வளிமமும், கடலண்மைப் படிவில்

பெட்ரோலிய எண்ணெய், இயற்கை வளிமம் கடலை ஒட்டிய நிலப்பகுதியிலும் கடலுக்குள்ளே கடற்கரை ஓரப்பகுதிகளிலும் கிடைக்கின்றன. பெட்ரோலிய எண்ணெயும் இயற்கை வளிமமும் கண்ணுக்குத் தெரியாத நுண்ணிய கடல் வாழ்

உயிரினங்களிலிந்து தோன்றியுள்ளமையால் கடற் பகுதியை ஒட்டியே எண்ணெய்ப் படிவுகள் அமைந் துள்ளன. இவை தற்காலக் கடற்பகுதியாகவோ, முற்காலக் கடற்பகுதியாகவோ இருக்கலாம். கடல் அண்மையில் பற்பல நாடுகளில் எண்ணெய் வளமும், வளிம மிகுதியும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. இவற்றில் முக்கியமானவை அமெரிக்க வளைகுடாப் பகுதி, வெனிசுலா, பாரசீக வளை குடா, செங்கடல், ஆஸ்திரேலிய கடற்பகுதி, கருங்கடல் பகுதிகள் ஆகும். இந்தியாவில் மேற்குக் கடற்கரையில் பம்பாய், ரத்தினகிரி,கோவா, பகுதிகளிலும் கிழக்குக் கடற்கரைப் பகுதிகளில் காவிரிப்படுகை, கிருஷ்ணா, கோதாவரிப் படுகை யிலும் கடல் அண்மை எண்ணெய் வளம் காணப்படு கிறது, தமிழ்நாட்டில் பரங்கிப்பேட்டையில் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட எண்ணெய்க் கிணறு, கடல் அண்மை எண்ணெய்க் கிணறு ஆகும்.

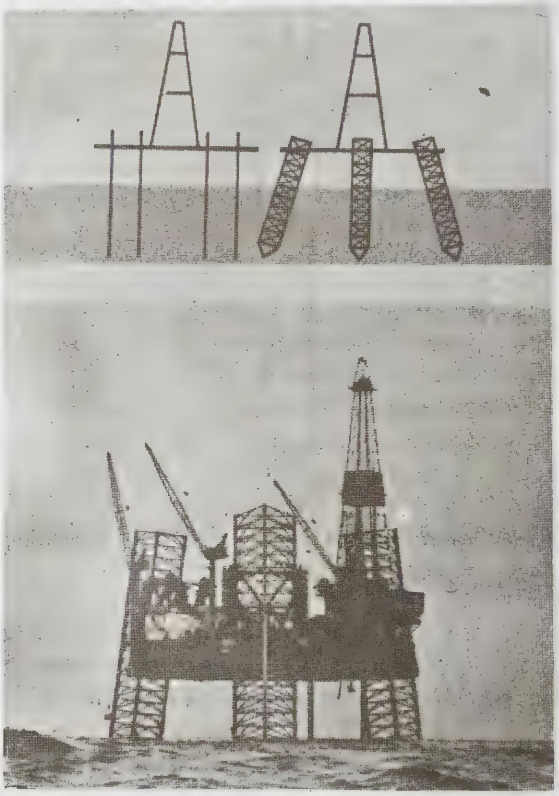


◉ கட்டப்பட்ட கிணறு, • துளையிடப்பட்ட கிணறு

பரங்கிப்பேட்டைக்கு அருகில் கடலண்மை எண்ணெய் வளம்.

கடலும் நிலவியல் அறிவும். கடல் அண்மைப் பகுதியில் எண்ணெய் எடுக்க நிலவியல் அறிவு தேவை. நிலவியல் திறன் கொண்டு கடலின் தன்மை, காற்றின் வேகம், கடலின் அமைப்பு, பாறைகளின் தன்மை, நிலவியல் அமைப்புப் போன்றவற்றைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். இச்செய்திகள் பெட்ரோலிய ஊற்றுகள் இருக்கும் இடங்களைக் கண்டுபிடிக்க உதவுகின்றன. இவ்வகை அமைப்புகள் நிலப்பகுதியை விடக் கடல் பகுதியில் அதிகமாக உள்ளமையால் பெட்ரோலிய எண்ணெய், கடல் அண்மைப் பகுதியிலிருந்து கிடைக்கிறது.

கடல் அண்மைப் பகுதியில் கிணறு தோண்டுதல். பெட்ரோலிய எண்ணெய், வளிமங்கள் எடுப்பதற்கு ஆயிரக்கணக்கான மீட்டர்வரை ஆழ் கிணறுகள் தோண்ட வேண்டும். இதற்காக மிகவும் வலிமையான துரப்பணக் கருவிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இந்தியாவில் சாசர்-சாமத் பத்திரிநாத், கெட்டீஸ்பர்க் என்ற நகரும் மேடைத் துரப்பணக் கருவிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. நகரும் மேடை கள் பொதுவாக நான்கு வகைப்படும். அவை, மிதக்கும் கப்பல்கள், நீர்மூழ்கி மேடைகள், ஓரளவு நீரில்

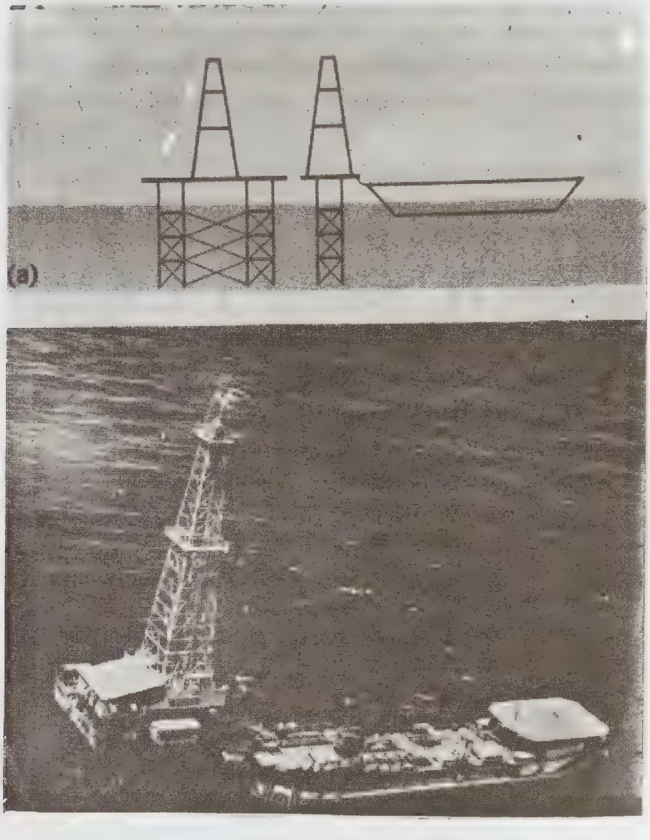


கடலண்மை நிலமேடை

(அ) நீரின் அடியில் அமைந்திருக்கும் மேடை வகை.

(ஆ) மேடையில் துரப்பணக்கருவி.

மூழ்கும் மேடைகள், தானே நிலையாக நிற்கும் மேடைகள் என்பன. மிதக்கும் கப்பல்கள் 20 மீ. ஆழத்திலும் நிலை மேடைகள் சுமார் 90 மீ. ஆழத்திலும் நீர் மூழ்கி மேடைகள் எல்லா வகையான ஆழமான இடங்களிலும் பயன்படுத்த ஏற்றவை. ஆனால் காலப்போக்கில் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப் படுபவை நிலை மேடைகளேயாகும். நிலை மேடைகளைப் பயன்படுத்துவதற்குச் சுமார் 100மீ. ஆழமும் கடல் அடியில் வலிவான பாறைகளும் வேண்டும். கடலுக்கடியில் நிலை மேடைகளில் தூண்கள் உறுதியாக நிறுத்தப்பட்டு அவற்றின் மேல் மேடை அமைத்துத் துரப்பணக் கருவிகளை அம்மேடையில் வைத்து இயக்குவார்கள்.



நீர் நிலைக்கு ஏற்ப மிதக்கும் மேடையும் துரப்பணக்கருவியும்

இன்னலும் வெற்றியும். கடல் அண்மைப் பகுதியில் எண்ணெய்க் கிணறுகள் தோண்டி வெற்றி காண்பது மிகவும் கடினமான பணியாகும். சூரிய வெப்பம், கடல் அலைகள், சூறாவளிக் காற்று, எண்ணெய்க் கிணறுகள் வெடித்துச் சிதறும் அபாயம் போன்ற பல இன்னல்கள் உண்டு. இவற்றில் சூறாவளியாலும், வெடித்துச் சிதறுவதாலும் பல துரப்பணக் கருவி மேடைகள் சிதைவுற்றுக் கோடிக் கணக்கான ரூபாய் இழப்பை ஏற்படுத்தும். இக் கருவிகள் காப்புறுதி செய்யப்படுவதால் பொருள் இழப்புக் குறைவென்றாலும், உயிர் இழப்பு ஈடு செய்ய முடியாததாக அமைகிறது.

இன்னல்கள் பல இருந்தாலும் அவற்றைத் தாண்டி, இத்துறையில் பெற்ற வெற்றிகள் பலப்பல. கடல் அண்மைப் பகுதியில் எண்ணெய்க் கிணறுகள் தோண்ட நிறைய பணவசதியும் இடையூறுகளை எதிர் நோக்கும் வலிமையும் போதிய காலமும் வேண்டும். பெரும்பாலும் நிலவியல் அடிப்படையில் எண்ணெய் வளமுள்ளது என்றும் அதற்கான பாறையமைப்புகள் நன்றாக அமைந்துள்ளன என்றும் கண்டறியப்பட்டபிறகேஎண்ணெய்க்கிணறுகள்தோண்டப் படுவதால் வெற்றி வாய்ப்பு மிகுதியாகவேயுள்ளது. இன்றைய உலகின் பல பகுதிகளிலும் கடல் அண்மை எண்ணெய்க் கிணறுகள் தோண்டப்பட்டு, அமெரிக்கா மெக்சிகோ, ஆஸ்திரேலியா, நைஜிரியா, அரபு நாடுகள் போன்றவற்றில் எண்ணெய் எடுக்கப்படுகின்றது. இந்தியாவில் கிடைக்கும் பெட்ரோலிய எண்ணெயில் பெரும்பகுதி கடல் அண்மைப் பகுதியிலிருந்தே எடுக்கப்படுகிறது.

—இராம. இராமநாதன்

நூலோதி. S. Krishnaswamy, *India's Mineral Resources*, Second Edition, Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, 1979.

எண்ம எண்முறை

எண்ம எண்முறை இலக்கமுறைச் சுற்றுகளிலும், இலக்க முறைக் கணிப்புகளிலும் பெரிதும் பயன்படும். எண்ம எண் முறையில் எட்டு வகையான எண்களே உள்ளன. இவ்வெண்ணின் அடிப்படை மதிப்பு எட்டாகும். இவ்வெண்முறையில் 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 மற்றும் 7 என்ற குறியீடுகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. தசம எண்ணில் வரும் 0-7 என்ற குறியீடுகளையே இதற்கும் பயன்படுத்துகின்றார்கள். எண்ம எண்ணில் 8ம் 9ம் பயன்படா. சான்றாக, எண்ம எண்களின் வரிசை பின்வருமாறு அமையும்.

0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7
10,	11,	12,	13,	14,	15,	16,	17
20,	21,	22,	23,	24,	25,	26,	27
30,	31,	32,	33,	34,	35,	36,	37

எண்ம எண்களைக் குறிக்கும்போது $(30)_8$, $(32)_8$, என்று குறிப்பிடுவார்கள். 8 என்பது அடிப்படை மதிப்பாகும். ஓர் எண்ம எண்ணில் ஒவ்வோர் எண்ணும் அடுத்து வருமாறு எட்டின் பெருக்கத்துடன் மதிப்படையும்.

8^4	8^3	8^2	8^1	8^0	8^{-1}	8^{-2}	8^{-3}

எண்மப்புள்ளி

சான்றாக $(23)_8$ என்ற எண்ம எண்ணை

$$2(8^1) + 3(8^0) = 16 + 3 = (19)_{10}$$

என்ற தசம எண்ணாக மாற்றலாம். $(257)_8$ என்ற எண்ம எண்

$$2(8^2) + 5(8^1) + 7(8^0) = 128 + 40 + 7 = (175)_{10}$$

என்ற தசம எண்ணாக மாறும்.

$(175)_{10}$ என்ற தசம எண்ணை எண்ம எண்ணாக மாற்றப் பின்வரும் முறையைப் பின்பற்றலாம்.

$175 \div 8 = 21$ மீதி 7

$21 \div 8 = 2$ மீதி 5

$2 \div 8 = 0$ மீதி 2

8	175	
8	21	7
8	2	5
	0	2

175 ஐ 8 ஆல் வகுத்து, வகுத்துவரும் ஈவையும், மீதியையும், மேலே கொடுத்துள்ளபடி எழுத வேண்டும். பின்பு ஈவை 8-ஆல் வகுத்து, வகுத்து வரும் ஈவையும் மீதியையும் எழுதவேண்டும். ஈவு 0 ஆகும் வரை வகுக்க வேண்டும். வரும் மீதிகளை அம்புக்குறியால் காட்டப்பட்டவாறு கீழிருந்து மேலாக எழுதவேண்டும், $(257)_8$ என்பது எண்ம எண்ணாகும். $(0.23)_{10}$ என்ற எண்ணை எண்ம பின்னமாக மாற்றப் பின்வரும் முறையைப் பின்பற்ற வேண்டும்.

$0.23 \times 8 = \underline{1}.84 = 0.84$ ஏற்றி 1

$0.84 \times 8 = \underline{6}.72 = 0.72$ ஏற்றி 6

$0.72 \times 8 = \underline{5}.76 = 0.76$ ஏற்றி 5

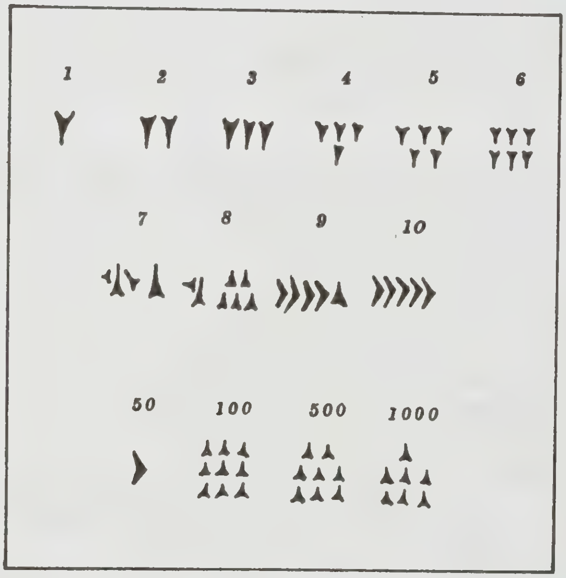
ஏற்றிகளை மேலிருந்து கீழாக எழுதினால் $(0.165)_8$ என்ற தொடரும் பின்னமும் கிடைக்கும். மிகவும் சரியான எண் வேண்டுமானால் பின்னத்தின் பாகத்தை அதிகப்படுத்தலாம்.

- க. அர. பழனிச்சாமி

எண்மானங்கள் - குறியீட்டு முறை

அன்றாட வாழ்க்கை முறையில் எண்கள் மிகப் பயன் மிக்கனவாக உள்ளன. இவ்வெண்களைக் குறிப்பிடும் குறிகள் எண்மானங்கள் (numerals) எனப்படும். ஆதி காலத்தில் மக்கள் தங்கள் கை, கால் விரல்களாலும் பலவித வடிவங்களாலும், சைகைகளினாலும் எண் களைக் குறிப்பிட்டிருக்கின்றனர். வெவ்வேறு நாடு களில் வெவ்வேறு முறைகளில் எண்களைக் குறித்துள்ளனர். சான்றாக 5, v, ∊, five, ரு, ஆகியன ஒரே மதிப்பினைக் குறிக்கின்றன.

ஏறக்குறைய ஐயாயிரம் ஆண்டுகளுக்கும் முன்பு சுமேரியர்களும் சால்டியர்களும் களிமண் படிவங் களில் கூரான ஆப்புப் போன்ற வடிவங்களால் எண் களைப் பொறித்துள்ளனர். இதனைக் க்யுனிஃபார்ம் மானங்கள் எனக் குறிப்பிட்டதுடன் 60 ஐ அடிப்



க்யுனி∴பார்ம் எண்குறிகள்

படையாகவும் கொண்டனர். இதன்பின், ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் எகிப்தியர் எண்களைக் குறிக்கச் சில உருவங்களைப் பயன்படுத்தினர். சங்கிலி 100ஐயும், தாமரைப்பூ 1000ஐயும், ஆட்காட்டி விரல் 10,000ஐயும், தலைப்பிரட்டை 10,0000 ஐயும் குறித்தன. ஒரு மனிதன் தன் இரு கைகளை யும் அகல விரித்திருப்பது போலிருந்தால் அது ஒரு மில்லியனைக் குறிப்பதாகப் பொருள் கொண்டனர்.

ஆனால் நாகரீகம் வளர, வளரக் கூட்டல் கழித்தல் பெருக்கல் வகுத்தல் போன்ற கணிதச்

செயல்பாடுகளுக்கேற்ப எளிய முறையில் அமையு மாறு குறியீட்டு முறைகள் வடிவமைக்கப்பட்டன.

ரோமானிய முறையில் ஆங்கில எழுத்துகளில் 7 எழுத்துகளைக் கொண்டு கீழே கொடுக்கப்பட் டுள்ளது போல் ஏழு எண்களையும் குறிப்பிட்டு, இந்த அடிப்படையில் மற்ற எண்களையும் குறிப் பிட்டனர்.

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

முதலில் ஒரு வகையில் பின் வருவனபோல் பெரிய குறியினை முதலில் எழுதி சிறிய குறியினை அடுத்து எழுதி அவற்றைக் கூட்டினால் வரும் மதிப்பு அக்குறியின் மதிப்பு எனக் கணக்கிட்டனர்.

I	II	III	IIII	V	VI	VII	VIII	VIIII	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LXVII,	LXXXXV.	CCLXII,	MMMDXVIII
67	95	262	3518

இம்முறையில் மீண்டும் மீண்டும் வரிசையாகக் குறி யீடுகள் எழுத வேண்டியிருக்கிறது. அதனால், இதில் சிறு மாற்றம் செய்து மற்றொரு வகையில் குறித் தனர். சிறிய குறியை, பெரிய குறிக்கு முன்னால் எழுதினால் அந்த எண்ணின் மதிப்பு, பெரிய குறியி லிருந்து சிறிய குறியைக் கழித்தால் கிடைக்கும் மதிப்பாகும். அதாவது IIII என்பதை IV என்று எழுதினால் 5இலிருந்து 1 ஐக்கழிப்பதால் கிடைக்கும் எண் 4 என்று பொருள். அதே போல VIIII என்பதை IX என்றும் LXXXXVI ஐ XCVI என்றும் எழுதலாம். ஆனால் இங்கு M ஐ விடப் பெரிய மதிப்புடைய எழுத்து இல்லாததால், M க்குப் பின்னர் வேறு எழுத்து எழுத முடியாது. மற்றொரு முறையில் 1000 (I) என்ற குறியீட்டினால் குறிக்கப்பட்டது. கிரேக்க எழுத்து Ø யிலிருந்து இக்குறியீடு எழுதப் பட்டதாகவும், I) என்பது l) என ஆக்கப்பட்டு 500 ஐக் குறிப்பதாகவும் கூறப்படும். பெரிய, பெரிய எண்களைக் கூட இக்குறிகளைக் கொண்டே பின் வருமாறு குறிப்பிட்டிருக்கின்றனர்.

1000 = CI); 10000 = CCI)); 100000 = CCCI)))

500 = l); 5000 = l)); 50000 = l)))

கிரேக்கர்களும் ஹீப்ருகளும் அவர்களது மொழி எழுத்துகளைக் கொண்டு எண்களைக் குறித்தனர். ஒன்பது எழுத்துகள் 1 இலிருந்து 9 வரையும், அடுத்த ஒன்பது எழுத்துகள் 10, 20, 30 என...90 வரையும், மற்ற ஒன்பது எழுத்துகள் 100, 200, 300. என ... 900 வரையும் குறித்தனர். இவற்றி லிருந்து மற்ற எண்கள் குறிக்கப்பட்டபோதும் இம் முறையை நடைமுறையில் அதிகமாகப் பயன்படுத்த முடியவில்லை.

α — 1	ι — 10	ρ — 100	͵α — 1000
β — 2	κ — 20	σ — 200	͵β — 2000
γ — 3	λ — 30	τ — 300	....
δ — 4	μ — 40	υ — 400	λζ — 37
ε — 5	ν — 50	φ — 500	
ϛ — 6	ξ — 60	χ — 600	τμθ = 349
ζ — 7	ο — 70	ψ — 700	͵απ = 1080
η — 8	π — 80	ω — 800	....
θ — 9	ϙ — 90	ϡ — 900	

கிரேக்க ஹீப்ரு எண்கள்

தமிழ் நாட்டில் எண்குறிகள் எழுத்துகளைக் கொண்டே குறிக்கப்பட்டன.

க 1	சு ... 6
உ — 2	எ — 7
ங — 3	அ — 8
ச — 4	கூ ... 9
ரு — 5	ய 10

இவ்வாறு பல நாட்டினரும் அவரவர் முறைகளில் எண்குறிகளைப் பயன்படுத்தினாலும் தற்போது உலக நாடுகளில் பரவலாக நடைமுறையில் இருக்கும் எண்குறிகள் இந்தியர்களாலும் அரேபியர்களாலும் கணிக்கப்பட்ட தசம முறையாகும். இம்முறை மிகவும் எளிதாக இருப்பதால் ஐரோப்பிய, வட ஆப்பிரிக்க நாடுகள் இதையே பின்பற்றுகின்றன. இம்முறையில் 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, என்ற 10 எண்குறிகள் கொண்டு எல்லா எண்களும், எவ்வளவு பெரிய மதிப்புடையனவாக இருந்தாலும் குறிக்கப்படுகின்றன. ஒரு புள்ளியின் இடப்புறத்தில் முதலில் உள்ள எண் ஒன்றின் இடத்து இலக்கம், அடுத்த எண் பத்தின் இடத்து இலக்கம், அதற்கடுத்த எண் நூற்றின் இடத்து இலக்கம், அதற்கடுத்தது ஆயிரத்தின் இடத்து இலக்கம்...என்றும், புள்ளிக்கு வலப்புறத்தில் உள்ள முதல் எண் பத்தின் கூறு,

அடுத்த எண் நூறின் கூறு, அடுத்த எண் ஆயிரத்தின் கூறு... என்றும் கணக்கிடப்படும். இப்புள்ளி தசமப் புள்ளி எனப்படும். கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஓர் எண்ணில் ஏதேனும் ஓர் இடத்தில் எண் இல்லையெனில், அந்த இடத்தைப் பூச்சியத்தால் நிரப்பவேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக, 64102.705 என்பவற்றில் இடப்புறத்தில் பத்தின் இடத்திலும் வலப்புறத்தில் நூறின் இடத்திலும் சுழிகள் உள்ளன. மேலும் தசம முறையை 10 இன் தொகுதிகளாகப் பின்வருமாறு குறிக்கமுடியும்.

$$1 = 1 \times 10^0$$

$$10 = 1 \times 10 = 1 \times 10^1; \quad 25 = 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

$$100 = 1 \times 10 \times 10 = 1 \times 10^2; \quad = 20 + 5$$

$$1000 = 1 \times 10 \times 10 \times 10 = 1 \times 10^3$$

அதாவது 1, 10,1000 ஆகியவற்றை முறையே 10^0, $10^1, 10^2, 10^3$, — — — எனப் பத்தின் தொகுதி களாக எழுதலாம்.

இந்திய - அரேபிய முறையில் உள்ள சிறப்பு. அடி 10 எனக்கொண்டு 0, 1, 2, — — 9 என்ற முழு உறுப்புகளும் தசமப்புள்ளியும் உள்ளன. கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல், அடுக்குக்கணிப்பு, மூலக்கணிப்பு ஆகிய ஆறு கணிதச் செயல்பாடு களிலும் இம்முறை எளிதாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

மிகப்பெரிய எண் என்றோ மிகச்சிறிய எண் என்றோ எந்த எண்ணையும் கூற முடியாத அளவுக்குக் குறிப்பிட முடியும்; இம்முறையில் உள்ள எண்களின் வடிவங்கள் வட்டங்கள், வட்டங்களின் பகுதிகள் கோடுகளாக அமைந்திருப்பதால், இவ்வெண்குறி களை அனைவரும் கடினமின்றி எழுத முடியும்.

ரோமானிய கணித வல்லுநரான போர்யத்தஸ் என்பவர் 1 - 10 வரையுள்ள எண்களின் பெருக்கல் வாய்பாட்டிற்கு ஓர் அட்டவணை கொடுத்துள்ளார்.

2, 3, 4 ... என்ற எந்த எண்ணையும் அடியாகக் கொண்டு ஓர் எண்ணுக்குத் தொகுதிகள் காணலாம்.

$$12_3 = (1 \times 3) + 2 = 5 \qquad 15_6 = (1 \times 6) + 5 = 11$$

$$12_4 = (1 \times 4) + 2 = 6$$

என்று கணக்கிடலாம்.

இதனையே

$6 + 5 = 15_6$ எனவும் குறிக்கலாம்.

தற்காலத்தில் கணிப்பொறிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர், கணிப்பொறி முறையில் பூச்சியத்தையும் கொடுத்துள்ள அடியை விட ஒன்று குறைவாக உள்ள எண்ணையும் கொண்டு எண்களின் மதிப்புகள் கணக்கிடப்படுகின்றன. இம்முறையில் செயல்படுவ தால் 0,1 என்ற இரு எண்களைக் கொண்டு பல மதிப்புகள் கண்டுபிடிக்கலாம்.

அடி 10

×	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

போயத்தஸ் பெருக்கல் அட்டவணை.

$$1011 = 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0$$

$$= 8 + 0 + 2 + 1 = 11$$

$$1011.101 = 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0 + 1.2^{-1} + 0.2^{-2} + 1.2^{-3}$$

$$= 8 + 0 + 2 + 1 + \tfrac{1}{2} + 0 + 1/8$$

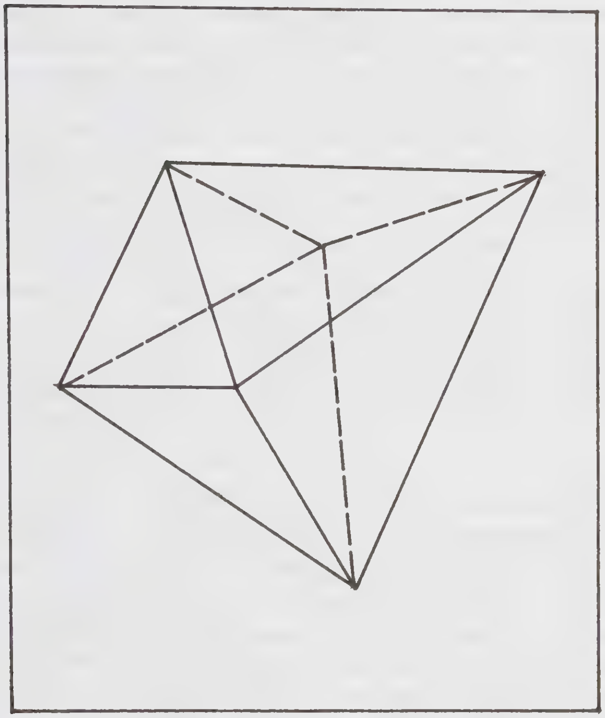
$$= 11\frac{5}{8}$$

ஆகியவை சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். 0-வை அணைத்தல் (off) என்றும் 1 ஐ இணைத்தல் (on) என்றும் வைத்து மின்கணிப்பொறிகள் செயல் படுகின்றன.

- பங்கஜம் கணேசன்

எண்முகத்தகம்

ஒரு பன்முகத்தகத்தில், ஒவ்வொரு முகமும் சர்வசம முடைய சமபக்க முக்கோணமாகவுள்ள எட்டு முகங் களையுடைய ஒரு திண்ம அமைப்பு எண்முகத்தகம் (octohedran) எனப்படும். இதற்கு 8 முகங்களும் (faces) 6 உச்சிகளும் (uerlices) 12 விளிம்புகளும் உள்ளன. 6 முகங்கள், 8 உச்சிகள், 12 விளிம்புகள்



ஆகிய இவற்றை உடைய கன சதுரத்திற்கு எண் முகத்தகம் ஓர் இருமை (dual) ஆகும். ஓர் ஒழுங்கான எண்முகத்தகத்தின் முகங்களின் மையப்புள்ளிகள் ஒரு கன சதுரத்தின் உச்சிகளாகவும் மறுதலையாக, கனசதுரத்தின் முகங்களின் மையப் புள்ளிகள் ஒழுங் கான எண்முகத்தகததின் உச்சிகளாகவும் அமையும்.

உச்சியை V எனவும், விளிம்பை E எனவும், முகத்தை F எனவும் கொண்டு, இவற்றிற்கிடையே உள்ள $V - E + F = 2$ என்ற தொடர்பு எல்லா ஒழுங்கான பன்முகத்தங்களுக்கும் பொருந்தும். எண் முகத்தகத்தின் விளிம்பு 'a' அளவானால் அதன் பருமன் (volume) $a^3\sqrt{\frac{2}{3}}$ க்குச் சமமாகும். மேலும் அதன் உச்சிகளின் செவ்வக ஆயங்கள் (rectangular coordinates) ($\pm$ 1,0,0), (0, $\pm$, 0) (0,0 $\pm$1) ஆகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

எண்முறை (கணிதம்)

உலகில் இன்று பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் எண்முறை 10ஐ அடியாகக் கொண்டு 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ஆகிய ஒன்பது இலக்கங்களையும் இன்மம் அல்லது பூச்சியம் என்ற குறியீட்டையும் கொண்டு, இடமதிப்பு (positional value) முறையில் எழுதப்படுவ தாகும். பொருள்களை எண்ணும்போது ஒன்று, இரண்டு, மூன்று ...... எனப் பத்து வரை எண்ணிப் பின்னர் பத்தும் ஒன்றும், பத்தும் இரண்டும் என்ற வகையில் பதினொன்று, பன்னிரண்டு என்று எண்ணப் படுகிறது. இவ்வாறு எண்ணும் முறையே 10-ஐ அடியாகக் கொண்ட முறை எனப்படுகிறது. இவ் வெண்களை எழுதும்போது 1, 2, 3, ... 9 என எழுதி, பத்திற்கு ஒரு புதிய வடிவம் கொடுக்காமல் ஒன்றையும் பூச்சியத்தையும் இணைத்து 10 என எழுதுவது வழக்கம். இம்முறையினால் எவ்வளவு பெரிய மதிப்பானாலும் அதனை இப்பத்து எண் உருவங்களைக் கொண்டே எழுதிவிடமுடியும். மேலும் 414 என்ற எண்ணில் இடப்பக்கமுள்ள '4' என்ற இலக்கம் நான்கு நூறுகளையும், வலப்பக்கமுள்ள அதே இலக்கம் நான்கு ஒன்றுகளையும் குறிப்பதாகக் கொள்ளப்படும். இதுவே இடமதிப்பு முறை எனப் படும். அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட இலக்கம் அதன் இடத்திற்கு ஏற்றவகையில் மதிப்பைப் பெறுகிறது என்பதே இதன் பொருளாகும்.

ஆதிமனிதன் தனது உடைமைகளை எண்ணும் போது, தன் கைவிரல்களைப் பயன்படுத்தியதால்தான் 10-ஐ அடியாகக் கொண்ட எண்முறை உருவானது என ஒரு கருத்து நிலவுகிறது. எனினும் வேறு எண்களை அடியாகக்கொண்ட எண்முறைகளும் பற்பல நாட்டவரால் பின்பற்றப்பட்டன. அவற்றின் எச்சங்களாகவே இன்றும் 60 வினாடி 1 நிமிடம், 60 நிமிடம் 1 மணி என்று 60-ஐ அடியாகவும், 12 அங்குலம் 1அடி, 12 மணி 1 பகல் (இரவு), 12 மாதம் 1 ஆண்டு என 12-ஐ அடியாகவும் கொண்டு எண்ணும் சிலமுறைகளைக் கொண்டுள்ளனர். இருப்பினும் எண்முறையைப் பொறுத்த அளவில் மற்ற எண்களை அடியாகக் கொண்ட பதின்மான முறை (decimal system) ஏறக்குறைய அனைத்து நாடுகளிலும் பின்பற்றப்படுகிறது. இடமதிப்புப் பதின்மான முறை இந்தியாவில் தான் முதலில் உருவானது என்றும், கி.பி. 7-ஆம் நூற்றாண்டளவில் அராபிய வணிகர் களால் மேலை நாடுகளில் பரப்பப்பட்டது என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது.

பதின்மான முறை. 10-ஐ அடியாகக் கொண்ட இம்முறையில் எந்த முழு எண்ணும் 10-இல் ஒரு பல்லடுக்குக் கோவையாக (polynomial in 10) எழுதப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, $43056 = 4\times10^4 + 3\times10^3 + 0\times10^2 + 5\times10 + 6\times1$ என்று

அமைவதைக் குறிப்பிடலாம். இக்கோவையின் பல்வேறு அடுக்குக்களுக்கான கெழுக்களே வரிசையாக எழுதப்பட்டு, இதன் மதிப்பைக் குறிக்கும் எண்ணாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. இங்கு 4,3,5.6 என்பவை தத்தம் அடுக்குக்குரிய மடங்காக இருக்க, 10 மட்டும் அவ்விடத்திற்குரிய அடுக்கின் மடங்கு இல்லை என்பதைக் குறிக்கும் குறியீடாக இருப்பதைக் காணலாம். எனினும், அதனையும் ஓர் இலக்கமாகக் கொண்டால், இவ்வெண்முறையில் பல்வேறு அடுக்குகளின் கெழுக்கள் பத்திற்குட்பட்ட எண்களாக அமைவதைக் காணலாம்.

இடமதிப்பு முறையில் எண்கள் எழுதப்படும் போது கூட்டல், பெருக்கல் ஆகிய எண்கணிதச் செயல்கள் (arithmetic operations) மிகவும் எளிமையாக அமைகின்றன. இரண்டு எண்களைக் கூட்டும் போது அவ்வெண்களின் ஒத்த இடங்கள் ஒன்றன் கீழ் ஒன்றாய் எழுதப்பட்டு, அவை கூட்டல் வாய்ப்பாட்டின் மூலம் கூட்டப்படுகின்றன. இரண்டு எண்களைப் பெருக்கும் போதும் பல்லடுக்குக் கோவைகளைப் பெருக்கும் முறையைப் பயன்படுத்தி வழக்கமான பெருக்கல் முறையிலும் சிறந்த ஒரு முறையைப் பெறலாம்.

கூட்டலைப் போலவே கழித்தலும் இடமதிப்பு முறையில் எளிதாகவே செயல்படுத்தப்படினும், வழக்கமான கடன்வாங்கிக் கழித்தல் முறையினும் மிகை நிரப்பல் முறை சிறந்ததாகும். கழிக்கப்படும் எண்ணின் கடைசி பூச்சிய இலக்கத்தை 10-இலிருந்தும், மற்ற இலக்கங்களை 9-இலிருந்தும் கழிக்கக் கிடைப்பது அவ்வெண்ணின் மிகை நிரப்பாகும். பின்பு இவ்வெண் முதலெண்ணோடு கூட்டப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, 1627-இலிருந்து 830-ஐக் கழிக்க அவ்வெண்கள் ...001627......000830 என எடுக்கப்படுகின்றன. ... 000830-இன் மிகை நிரப்பெண்...999170 ஆகும். பின்னர் இது...001627 உடன் கூட்டப்படுகிறது.

```
 ...001627
 ...999170
 ---------
 ...000797
 ---------
```

அதிகமான 9-களைக் கொண்டு தொடங்கும் ஓர் எண் எதிர்ம எண்ணாகக் கருதப்படும். எனினும் மிகப்பெரிய ஒரு நேர்ம எண், மிகச்சிறிய எதிர்ம எண்ணாகக் கருதப்படும் வாய்ப்புள்ளதால் அத்தகைய குறைபாடுகளைத் தவிர்க்கத் தனிக்கவனம் செலுத்தப்படவேண்டும்.

0-க்கும் 1-க்கும் இடைப்பட்ட மதிப்புகள் பல்லடுக்குக் கோவையின் எதிர்ம அடுக்குகளாக எழுதப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக,

$$\frac{5}{8} = 6 \times \frac{1}{10} + 2 \times \frac{1}{10^2} + 5 \times \frac{1}{10^3}$$

எனவே இது புள்ளியுடன் .625 என எழுதப்படுகிறது. ஆனால் பெரும்பான்மையும் இம்மதிப்புகள் ஒரு முடிவுறு கோவையாக அமைவதில்லை. எனவே அவை தேவையான அளவுக்கு மட்டுமே கொள்ளப்பட்டுச் சீர் செய்யப்படுகின்றன. எடுத்துக்கரட்டாக $\frac{2}{3} = \cdot 666667$ எனக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு மெய்யெண் முடிவின்றிச் செல்லும் பதின்மானங்களைக் கொண்டிருப்பினும் அவை செல்லச் செல்ல ஒரு முறைமை உள்ளனவாய் அமைந்திருப்பின் அதனை P,Q ஆகிய இரு முழு எண்களின் விகிதமாக $\frac{P}{Q}$ என எழுத முடியும். அவ்வாறான எண் ஒரு விகிதமுறை எண் எனப்படும். $\frac{P}{Q}$ என்ற ஒரு விகிதமுறு எண்ணில் Q ஆனது $2^a\ 5^b$ என்ற வடிவில் அமைந்திருக்கும் எனில், எனில் மட்டுமே $\frac{P}{Q}$-வின் பதின்மான விரிப்பு முடிவுள்ளதாக அமையும். அந்நிலையில் $\frac{P}{Q}$ இரண்டு வழிகளில் எழுதப்படக்கூடும். எடுத்துக்காட்டாக $\frac{11}{5} = 2.2000\ \ldots = 2.1999\ldots$

பெரும்பான்மையான பதின்மான விரிப்புகள் ஒரு முறைமைக்குட்படாதவையே. எனவே பெரும்பான்மையான மெய்யெண்கள் விகிதமுறா எண்களே எனினும் ஏறக்குறைய எல்லா மெய்யெண்களின் பதின்மான விரிப்புகளும் இயல்பாகவே உள்ளன. அதாவது, ஒவ்வோர் இலக்கமும் சராசரியாகப் பத்தில் ஒருபங்கு இடம் பெறுவதாய் அமைந்திருக்கும். அவ்வாறான எண்கள் இயல்நிலை எண்கள் எனப்படும். $\pi, \sqrt{2}$, e போன்றவை இயல்நிலை எண்களா என்பதை அறிய முடியவில்லை. இயல்நிலை உள்ளனவாகத் தெரியப்பட்ட எண்களின் தொகுதி எண்ணத்தக்கது (Countable).

தானியங்கிப் பொறிகள் மெய்யெண்களை எளிதாகக் கையாளாத நிலைபெயர்வுப் புள்ளிமுறையைப் (floating point system) பயன்படுத்துகின்றன. இம்முறையில் எந்த நேர்மமெய்யெண்ணும் $d_1, d_2, d_3 \ldots d_L \times B^k$, $(0 \le d_1, \ldots d_2 \le B\text{-}1)$ என்ற உருவில் எழுதப்படும். $d_1 \neq 0$ ஆக இருக்கும் வகையில் k சீர்செய்யப்படுகிறது. k-இன் மதிப்பு எதிர்மமாக அமையாதவாறு தேவையான அடுக்குக்குறியுடன் 50 கூட்டப்பெறுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, 10-இலக்கப் பதின்மானப் பொறியொன்றில் π -என்பது 3141592751 எனக் குறிக்கப்பெறும். இம்முறையில் πன்மதிப்பு·3145927 $\times 10^1 = 3.1415927$ எனக் கொள்ளப்படும். இம்முறையில் கூட்டல், பெருக்கல் ஆகியவற்றிற்கான விதிகள்

எளிதாக அமைக்கப்படுகின்றன. முதலில். அடுக்குக் குறியெண்கள் ஒப்பிடப்பட்டு மாற்றப்படுகின்றன. பின்னர் அதற்கேற்றவகையில் பதின்மானத்தின் புள்ளிகள் முன்னோ பின்னோ நிலை பெயர்வு செய்யப்படுகின்றன. இந்நிலையில் வழக்கமான எண் கணித விதிகளுக்கேற்ப அப்பதின்மானங்கள் தேவையான செயல்களுக்குட்படுத்தப்பட்டுச் சுருக்கப் படுன்றன. விடையாகக் கிடைக்கும் மதிப்பு மீண்டும் நிலைபெயர்வுப் புள்ளிமுறையில் இயல்நிலைக்கு மாற்றப்படுகிறது. மற்ற முறைகளைவிட இம்முறை மெதுவாகவே செயல்படினும், அளவில் பெரிதும் மாறுபாடுள்ள எண்கள் இம்முறையினால் எளிதாகக் கையாளப்படுகின்றன.

பதின்மான முறையில் எழுதப்படும் ஓர் எண்ணின் சில பண்புகளை அதன் இலக்கங்களைக் கொண்டே அறிய முடியும். இறுதி இலக்கம் இரட்டைப்படை யாகஉள்ள எந்த எண்ணும் இரட்டைப்படையானதே. ஒரு முழு எண்ணின் இலக்கங்களின் கூட்டுத்தொகை 3-ஆல் வகுபடுமேயானால் அவ்வெண்ணும் 3 -ஆல் வகுபடும். ஒரு முழு எண்ணிலிருந்து அதன் இலக்கங்களின் கூட்டுத்தொகையைக் கழிக்க வரும் தொகை 9-ஆல் வகுபடும். இம் முறையில் அவ் விலக்கங்கள் மாறிமாறி நேர்ம, எதிர்மக் குறிகளுடன் எடுக்கப்பட்டால் கிடைக்கும் தொகை 11 ஆல் வகுபடும். எடுத்துக்காட்டாக $438571 - (1-7+5-8+3-4) = 438581$, 11 ஆல் வகுபடும். இதைப் போலவே இவ்விலக்கங்களை மூன்று மூன்றாய்ச் சேர்த்தால் $1541936872 - (872-936+541-1) = 1541936396$, $1001\ (=7\times11\times13)$ - ஆல் வகுபடும். ஓர் எண் 7, 11 அல்லது 13 ஆல் வகுபடுமா என்பதைக் கண்டறியவும் இம்முறை யைப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு முழுவர்க்க எண்ணின் கடைசி இலக்கம் 0, 1, 4, 5, 6 அல்லது 9 என்றே அமையும். எனவே 2, 3, 7 அல்லது 8-இல் முடியும் ஓர் எண் முழுவர்க்கமாகாது என்று உடனே கூறிவிட இயலும்.

10-ஐ அடியாகக் கொண்ட இப்பதின்மான முறையைப் போலவே வேறு எந்த எண்ணையும் (1 நீங்கலாக) அடியாகக் கொண்ட எண்முறைகளே கணிப்பொறிகளில் பின்பற்றப்படுகின்றன. பதின் மான முறையைவிட இம்முறைகள் கணிப்பொறிக் கணக்கீட்டில் எளிதாகக் கையாளத் தக்கன.

இரண்டன் முறை. (Binary system) இந்த முறை யில் எந்த ஓர் எண்ணும் 2-இல் ஒரு பல்லடுக்குக் கோவையாக எழுதப்படுகிறது. எனவே இக்கோவை யின் கெழுக்கள் 0 அல்லது 1 என்றே அமையும். எந்த எண்ணையும் இவ்வாறு ஒரே ஒரு முறையில் தான் எழுத முடியும் என்பதால் இக்கெழுக்களே இவ்வெண்ணைக் குறிப்பதாகக் கொள்ளப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, $375 = 1\times2^8 + 0\times2^7 + 1\times2^6 + 1\times2^5 + 1\times2^4 + 0\times2^3 + 1\times2^2, + 1\times2 + 1\times1$. இது $(375)_{10} = (101110111)_2$ எனக் குறிக்கப்பெறுகிறது. ஆக எந்த எண்ணையும் இரண்டே இலக்கங்களைக் கொண்டு எழுதிவிட முடியும் என்பது இம்முறையின் மிகச்சிறந்த பயன் எனலாம். எனவே, 0, 1 ஆகியவை இரண்டன் இலக்கங்கள் அல்லது இரண்டன்கள் எனப்படு கின்றன. இம்முறையில் எண்கணித வாய்பாடு மிகவும் எளிதாக அமைந்துவிடுகிறது. எனினும், ஓர் எண்ணை எழுதுவதற்கான பதின்மான இலக்கங் களின் எண்ணிக்கையைப்போல் ஏறக்குறைய மூன்று மடங்கு எண்ணிக்கையுள்ள இரண்டன்கள் இம்முறை யில் தேவைப்படுகின்றன. வரிசையாக வைக்கப் பட்ட சில விளக்குகளில் சில எரிந்தும் சில எரியா மலும் இருக்கும் நிலைகளைக் கொண்டு இரண்டன் மான முறையை நன்கு விளக்கிக் கூறமுடியும். இக் காரணத்தினாலேயே எண்மானக் கணிப்பொறிகள் (digital computers) இம்முறையையே பயன்படுத்து கின்றன.

பதின்மான முறையில் எழுதப்பட்ட ஓர் எண்ணை 2 - ஆல் தொடர்ந்து வகுத்துக்கொண்டே வரக் கிடைக்கும் மீதிகளை வரிசையாக அமைக்க, அவ்வெண்ணுக்குரிய இரண்டன்களைப் பெறலாம்.

2	375	மீதி
2	187	1
2	93	1
2	46	1
2	23	0
2	11	1
2	5	1
2	2	1
	1	0

$375_{10} = (101110111)_2$

மறுதலையாக, இரண்டன்மான முறையில் எழுதப் பட்ட ஓர் எண்ணின் இலக்கங்களுக்குரிய 2-இன் அடுக்குகளின் மதிப்புகளைக் கொண்டு அவ்வெண் ணின் பதின்மான இலக்கங்களைப் பெறலாம்.

256	128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	1	1	1	0	1	1	1

$$= 256+64+32+16+4+2+1 = (375)_{10}$$

0-க்கும் 1-க்கும் இடைப்பட்ட எண்களை இரண்டன்மான முறையில் எழுத 2-ஆல் பெருக்கும் முறை பின்பற்றப்படுகிறது.

$$(.65625)_{10} = (.10101)_2$$

	65625 × 2
1	31250 × 2
0	62500 × 2
1	25000 × 2
0	50000 × 2
1	00000

இம்முறையில் ஒன்றிற்கும் குறைந்த எண்களில் பெரும்பாலானவை முடிவுறு இலக்கங்களைக் கொண்டிருக்கும்.

$$(36.837)_{10} = 100100.110101010...$$

இரண்டன்மானக் கூட்டல், பெருக்கல் போன்றவை வெகு எளிதில் செய்யத்தக்கவை.

$$0+0 = 0; \quad 0+1 = 1+0 = 1; \quad 1+1 = 10$$

$$0\times0 = 1\times0 = 0\times1 = 0; \quad 1\times1 = 1$$

```
 101101   (45)
  10110   (22)
-------
1000011   (67)
```

```
    1101   (13)
    1011   (11)
    ----
    1101
   1101
  0000
 1101
--------
10001111 (143)
```

மிகை நிரப்பு முறையில் இரண்டன்மானக் கழித்தல் விரைவில் செய்யத்தக்கது.

$$(45-22)_{10} = (....000101101 - 000010110)_2$$

$$= (...000101101 + 111101010)_2$$

$$= (.000010111)_2$$

$$= (23)_{10}$$

எட்டன்மான முறை. 8-ஐ அடியாகக் கொண்ட இம்முறை 0, 1,2,3,4,5,6,7 ஆகிய இலக்கங்களைக் கொண்டு எழுதப்படுவதாகும். ஒரு பதின்மான எண் இரண்டன்மானத்தில் எழுதப் பயன்படுத்தப்படும் தொடர்-வகுத்தல் முறையில் 8-ஐ வகுக்கும் எண்ணாகக் கொண்டால் எட்டன்மான இலக்கங்களைப் பெறலாம். 10 வரையிலான பதின்மான எண்களுக்குரிய இரண்டன்மான, எட்டன்மான இலக்கங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பதின்	இரண்டன்	எட்டன்
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	10
9	1001	11
10	1010	12

3- இரண்டன் எண்களை (3 bit number) எடுத்துக்கொண்டால் 0 முதல் 7 வரையிலான எண்களை உருவாக்க முடியும் என இதன்மூலம் காணலாம். இதைப் பயன்படுத்தி இரண்டன்மானத்திலிருந்து எட்டன்மான முறைக்கு மாறுவதற்குரிய வழிமுறை எளிதாக்கப்படுகிறது.

$$(11010)_2 = (011010)_2 = (32)_8$$

$$(001 \quad 11.101 \quad 010)_2 \quad (17.52)_8$$

மறுதலையாக, எட்டன்மானத்தின் ஒவ்வோர் இலக்கத்திற்குரிய 3-இரண்டன்களை வரிசையாக எழுத இரண்டன்மான இலக்கங்களைப் பெறலாம். பதின்மான எட்டன்மான இருவழிமாற்றங்களுக்கு, முன்னர்க் குறிப்பிட்ட பதின்மான இரண்டன்மான இருவழி மாற்ற முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

பதின்மான முறையில் தேவைப்படும் இலக்கங்களை விட 10 விழுக்காடு அளவு அதிகமான இலக்கங்களே எட்டன்மான முறைக்குத் தேவைப்படுகின்றன. சில கணிப்பொறிகள் 16-ஐ அடியாகக் கொண்டு இரண்டன் மான இலக்கங்களை 4-இரண்டன்களாகப் பகுத்துக்கொண்டு செயல்படுகின்றன.

- ப. பாண்டியராஜா

எண் முறை (மின்னணுப் பொறியியல்)

இலக்க முறைக் கணிப்பொறிகளை வடிவமைக்கவும், புரிந்துகொள்ளவும், இயக்கவும் எண்முறைகள் (number systems) பெரிதும் பயன்படுகின்றன. உலக வழக்கில் பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுவது தசம எண்களாகும். தசம எண்கள் மிகவும் சிறப்பான பயன்களைக் கொண்டுள்ளன. ''எல்லா எண்களையும் குறிப்பிட்ட பத்துவகைக் குறிகளையும், எண்களில் அவை உள்ள இடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் மதிப்புப் பெறும் தன்மைகொண்ட ஓர் உயர்ந்த கருத்தையும் உலகிற்குக் கொடுத்தவர்கள் இந்தியர்களே; 'கருத்து மிகவும் எளிமையானதாக அமைந்தாலும் அதன் உண்மையான மதிப்பை இப்பொழுது எவரும் உணர்வதில்லை'' என்று லாப்லாஸ் என்பார் குறிப்பிடுகின்றார். எந்த எண்முறையிலும் ஓர் எண்ணைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$N = d_{n+1}\, r^n + d_n\, r^n + \ldots\ldots + d_3 r^2 + d_2 r^1 + d_1 r^0$$

N - என்பது கொடுக்கப்பட்ட எண்ணாகும்

d_n - n என்ற இடத்தில் உள்ள இலக்கம்

r - எண்முறையின் அடிப்படை (base)

n - d_n+1 என்ற இடத்தில் உள்ள இலக்கத்தின் மேல்மதிப்பெண்ணாகும்.

ஓர் எண்முறையில் அடிப்படை மதிப்பை வைத்து எண்முறைகள் பெயர் பெறும். அடிப்படையின் அளவுக்கே இலக்கங்களிருக்கும். காட்டாக தசம எண்ணில் 10 என்பது அடிப்படையாகும். இரும எண்களில் 2 அடிப்படையாகும். எண்ம எண்களில் 8 அடிப்படையாகும். இருஎண்ம முறையில் 16 அடிப்படையாகும். சான்றாக தசம எண்முறையில் 157 என்பதை $1\times10^2 + 5\times10^1 + 7\times10^0$ என்று எழுதலாம். 10 என்ற இருமஎண்ணை $1\times2^1 + 0\times2^0$ என்று தசம எண்ணாக மாற்றலாம்.

ஒரு மதிப்பை ஓர் எண்முறையிலிருந்து மற்றோர் எண்முறைக்கு மாற்றலாம். கணிப்பொறிகளில் இலக்க முறைச் சுற்றுகளில் இரும எண்முறையும், வெளியீட்டகங்களும் தேக்கிகளும் கையாளப்படுகின்றன. 8, 16, 32 அடிப்படையும் சில கணிப்பொறிகளில் பயன்படுத்தப்படும். அடிப்படையின் மதிப்பு அதிகமாகும்போது ஒரு மதிப்பைக் குறிப்பிடும் எண்களில் வேண்டிய இலக்கங்கள் குறைகின்றன. ஆகவே தேக்கிகளில் (memory) இவற்றைத் தேக்கும்பொழுது மிகக் குறைந்த இடமே தேவைப்படும்.

- க. அர. பழனிச்சாமி

எத்தில் ஆல்கஹால்

இது ஆல்கஹால்களில் மிகவும் பயன்மிக்க ஒன்றாகும். ஆல்கஹால், எத்தனால், தானிய ஆல்கஹால், தொழில் ஆல்கஹால், நொதிக்கப்பட்ட ஆல்கஹால், எத்தில் ஹைட்ராக்சைடு, மீத்தைல் கார்பினால் என்று வேறு பல பெயர்களாலும் எத்தில் ஆல்கஹால் குறுப்பிடப்படுகிறது. தூய எத்தில் ஆல்கஹால் நிற மற்ற, எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய நீர்மம்; இது எளிதில் தீப்பற்றக்கூடியதும், நச்சுத்தன்மை வாய்ந்ததும், எரிச்சலூட்டக் கூடிய நெடியுடையதும் ஆகும். இதன் கொதிநிலை 78.4°C; உருகுநிலை -112.3°C; 20°C இல் இதன் ஒப்படர்த்தி 0.7851. இது நீரிலும் மற்ற கரிமக் கரைப்பான்களிலும் கரைகிறது. இது தொழில் துறையில் மிகவும் பயனுள்ள கரைப்பானாக விளங்குகிறது. தொழிலகங்களில் தொகுப்பு, நொதித்தல் ஆகிய முறைகளால் இது பெருமளவில் தயாரிக்கப்படுகிறது.

தயாரிப்பு

எத்தில் ஆல்கஹால் தொழில் முறையில் பல வழிகளில் தயாரிக்கப்படுகிறது.

எத்திலீனை வினையூக்க நீரேற்றம் செய்தல். பெட்ரோலியச் சிதைவின் (பிளப்பின்) மூலமோ இயற்கை வளிமத்திலிருந்தோ கிடைக்கும் எத்திலினை அமில வினையூக்கிகள் உடனிருக்க நீருடன் உயர் வெப்பநிலையில் சேர்த்து வினைபுரியச் செய்யும்போது எத்திலீன் நீரேற்றம் அடைந்து எத்தில் ஆல்கஹாலைத் தருகிறது.

எத்திலீனை சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தால் நீரேற்றம் செய்தல். எத்திலீனை அடர் சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்துடன் வினைபுரியச் செய்யும்போது எத்திலீன் ஹைட்ரஜன் சல்ஃபேட்டும் டைஎத்தில் சல்ஃபேட்டும் கிடைக்கின்றன. இவற்றை நீராற் பகுத்தலுக்குட் படுத்தும்போது எத்தில் ஆல்கஹாலும் நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலமும் கிடைக்கின்றன.

ஃபிஷர்-ட்ரோப்ஸ்ச் முறை. கார்பன் மோனாக்சைடை ஹைட்ரஜனுடன் சேர்த்து இரும்பு வினையூக்கியின் மேல் செலுத்தி மெத்தனால் தயாரிக்கும் போது உடன் விளை பொருளாக எத்தனால் கிடைக்கிறது. இதற்கு ஃபிஷர்-ட்ரோப்ஸ்ச் முறை என்று பெயர்.

தொழில்முறையில் நொதிக்க வைத்தல். ஹெக்சோஸ் சர்க்கரைகளை ஈஸ்ட்டுடன் சேர்த்து நொதிக்க வைப்பதன் மூலம் எத்தில் ஆல்கஹால் பெருமளவில் தயாரிக்கப்படுகிறது.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

முதலில் டைசாக்கரைடுகள் (சுக்ரோஸ், மால்டோஸ் போன்றவை) ஈஸ்டுகளினால் மோனாசாக்கரைடு களாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. ஸ்டார்ச், செல்லுலோஸ் போன்ற பாலிசாக்கரைடுகளை இதேபோல் நேரடியாக ஈஸ்டுகளால் நொதிக்க வைக்க இயலாது; அவை முதலில் நீராற் பகுக்கப்பட்டு தனிச் சர்க்கரைகளாக மாற்றப்பட வேண்டும். இதனை நொதிகளைக் கொண்டு அல்லது கனிம அமிலங்களைச் சேர்த்து வெப்பப்படுத்தும்போது பெறலாம். கருப்பஞ்சாறு (molasses), தானியங்கள், மரக்கழிவு போன்றவை எத்தில் ஆல்கஹால் தயாரிக்க முதற்பொருளாக விளங்குகின்றன. பெரும்பாலும் நொதித்தல் முறை காற்றில்லாச் சூழ்நிலையிலேயே நடைபெறுகிறது. இதனால் கார்பன் டைஆக்சைடு உண்டாவது குறை வதுடன் ஆல்கஹால் மிகுதியாகக் கிடைக்கிறது. அதிக செறிவுள்ள தூய ஆல்கஹால் காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் பெறப்படுகிறது.

கருப்பஞ்சாற்றிலிருந்து தயாரித்தல். சர்க்கரைத் தயாரிப்பில், சர்க்கரைச் சாற்றிலிருந்து சர்க்கரைப் படிகங்களை நீக்கியபின் எஞ்சியிருக்கும் மூல நீர்மத் திற்குக் கருப்பஞ்சாறு என்று பெயர். இந்நீர்மத்தில் 40% க்கும் மேல் சர்க்கரை இருக்கிறது. இந் நீர்மத்தை 10% கரைசலாக மாற்றி அதனுடன் நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தைச் சேர்க்கவேண்டும். சுமார் 25°C வெப்பநிலையில் இந்நீர்மத்துடன் ஈஸ்ட்டைச் சேர்க்க வேண்டும். இவ்வெப்பநிலையில் நொதித்தல் 2-3 நாள் வரை நிகழ்கிறது. பின்னர் ஈஸ்ட்டை வடிகட்டி அகற்றினால் நீர்த்த ஆல்கஹால் கரைசல் உண்டாகிறது. இம்முறையில் கார்பன் டைஆக்சைடு பயன்மிகு துணைப் பொருளாகக் கிடைக்கிறது. மேலும் சில கரிம அமிலங்களும் கிளிசராலும் துணைப் பொருள்களாக விளைகின்றன.

உருளைக்கிழங்கிலிருந்து தயாரித்தல். பெரும் பாலான ஆல்கஹால் தயாரிப்புத் தொழிலகங்களில் அமைலேஸ் நொதியின் மூலப்பொருளாக நீரில் ஊற வைத்து முளைகட்டி உலர்த்திய பார்லி பயன்படு கிறது. உருளைக்கிழங்கை நீருடன் சேர்த்துக் கூழாக் கிப் பின்னர் அதனுடன் முளைவிடும் பார்லியைச் சேர்த்து 50°C. வெப்பநிலையில் வைத் திருக்க வேண்டும். நொதித்தலினால் ஸ்டார்ச் மால்ட்டோசாகவும், டெக்ஸ்ட்ரின் ஆகவும் மாறு கிறது. வினை நிறைவு பெற்றபின் நீர்மத்தைக் குளிரச் செய்து பின் ஈஸ்ட்டை அதனுடன் சேர்க்க வேண்டும். ஈஸ்ட்டிலுள்ள மால்ட்டோஸ் நொதி மால்ட்டோஸை குளுக்கோஸாகவும், சைமேஸ் நொதி குளுக்கோஸை எத்தில் ஆல்கஹாலாகவும், கார்பன் டைஆக்சைடாகவும் மாற்றுகின்றன.

இவ்வாறு மேற்கூறிய மூலங்களிலிருந்து பெறப் பட்ட ஆல்கஹால் கரைசல்களில் ஆல்கஹாலின் விழுக்காட்டளவு மிகக் குறைவாக இருக்கும். இதனைக் காய்ச்சி வடித்தால் 75.6% ஆல்கஹால், 4.4% நீர் கொண்ட தூய எத்தில் ஆல்கஹால் கிடைக்கிறது.

தனி ஆல்கஹால். நீர், ஆல்கஹால் ஆகியவை கொதிநிலை மாறாக் கலவையை உண்டாக்குவதால் தனி ஆல்கஹாலைப் பின்னர்க் காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் தயாரிக்க இயலாது. தூய எத்தில் ஆல்க ஹாலைச் சுண்ணாம்புக் கல்லில் பல மணி நேரம் வைத்திருந்து காய்ச்சி வடிக்கவேண்டும். வடிநீரில் 0.20% நீர் உள்ளது; 0.5% வரை நீர் உள்ள ஆல்க ஹால் தனி ஆல்கஹால் எனப்படுகிறது. அசுத்தம் நீக்கப்பட்ட ஆல்கஹாலுடன் மிகையளவு பென்சீ னைச் சேர்த்துக் காய்ச்சி வடிப்பதாலும் தனி ஆல்கஹாலைப் பெறலாம். காண்க, ஆல்கஹால்கள்.

- த. தெய்வீகன்

எத்திலீன்

இது ஒரு நிறமற்ற வளிமம். இதன் மூலக்கூறு அமைப்பு $H_2C=CH_2$ எத்திலீனின் கொதிநிலை -103.8°C; உருகுநிலை-169.4°C. தொகுப்புமுறைச் சேர்மங்கள் தயாரிப்பில் எத்திலீன் மிகவும் பயனுள்ள ஒரு கரிம வேதிப் பொருளாகும். தொழிலகங்களில் தயாரிக்கப்படும் எத்திலீனில் பெருமளவு பாலி எத்திலீன் அல்லது பாலித்தீன் தயாரிப்பில் பயன்படு கிறது. எத்தனால், வினைல் அசெட்டேட், அசெட் டால்டிஹைடு போன்றவை இதன் முக்கிய பெறுதி களாகும்.

தயாரிப்பு. நீராவி உடனிருக்கபெட்ரோலியம் பிளத்தல் வினைக்குட்படும்போது எத்திலீன் உண்டா கிறது. தொழில்முறையில் எத்திலீன் தயாரிக்க இம்முறையே பயன்படுகிறது. இப்பிளத்தல் வினை 1600°C வெப்பநிலையில் 2 kPa அழுத்தத்தில் நடை பெற்று 1000°C வெப்பநிலைக்கு வேகமாகக் குறைக்கப்படுகிறது.

பெறுதி. எத்திலீனைப் பல்லுறுப்பாக்க வினைக் குட்படுத்தும்போது உயர் மூலக்கூறு எடையுள்ள பாலி எத்திலீன் உண்டாகிறது. அலுமினியம் அல்க்கைல் வினையூக்கிகள் (சைக்களர் வினையூக்கி) குறைந்த மூலக்கூறு எடைகொண்ட நீள்தொடர் பெறுதி களைப் பெறப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல்லேடியம் வினையூக்கியைப் பயன்படுத்தி ஆக்சிஜனேற்றம் செய்யும்போது அசெட்டால்டிஹைடும், அசெட்டிக் அமிலத்தைக் கரைப்பானாகப் பயன்படுத்தினால் வினைல் அசெட்டேட்டும் உண்டாகின்றன. குளோரி னேற்றம், ஆக்சிகுளோரினேற்ற முறை ஆகிய முறை களால் வினைல் குளோரைடு உண்டாக்கப்படு

கின்றன. வெள்ளியை வினையூக்கியாகப் பயன்படுத்தினால் எத்திலீன் ஆக்சைடு உண்டாகிறது; அமில வினையூக்கிகளைப் பயன்படுத்தி நீரேற்றம் செய்யும் போது தொழில் துறையில் மிகவும் பயன்படுகின்ற எத்தில் ஆல்கஹால் உண்டாகிறது.

பயன். இருமூலக்கூறு சார் நீர்நீக்கத்தால் (bimolecular dehydration) கிடைக்கும் டைஎத்தில் ஈதர் கரைப்பானாகவும், மயக்க மருந்தாகவும், பிரித்தெடுக்க உதவும் பொருளாகவும் பயன்படுகிறது. எத்தில் ஆல்கஹாலை ஹைட்ரஜன் நீக்க வினைக்குட்படுத்துவதால் விளையும் அசெட்டால்டிஹைடு, அசெட்டிக் அமிலம் அசெட்டிக் நீரிலி, குளோரால், பியூட்டனால், குரோட்டனால்டிஹைடு, எத்தில் ஹெக்சனால் போன்ற முக்கியமான கரிம வேதிச் சேர்மங்கள் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது. கார்பாக்சிலிக் அமிலங்களுடன் ஆல்கஹால் வினைப்படுவதால் உண்டாகும் எஸ்ட்டர்கள் மிகவும் பயனுள்ள சேர்மங்கள் ஆகும். எத்தில் ஆல்கஹால் அம்மோனியாவுடன் வினைப்பட்டு உண்டாகும் அசெட்டோனைட்ராலை ஒடுக்கவினைக்குட்படுத்தினால் எத்தில் அமீன் கிடைக்கிறது. இதுவும் ஏனைய ஆல்கஹால் பெறுதிகளும் சாயத் தயாரிப்பில் இடைநிலைப் பொருளாகவும், மருந்துத் தயாரிப்பிலும், செயற்கை ரப்பர் தயாரிப்பிலும் அழகுப் பொருள்கள், வெடிமருந்துகள், பிளாஸ்டிக் ஆக்கிகள், மாசுநீக்கிகள் செயற்கை இழைகள் போன்றவற்றின் தயாரிப்பிலும் பெரிதும் பயனாகின்றன.

- த. தெய்வீகன்

எத்திலீன் குளோரோஹைட்ரின்

இது பீட்டா குளோரோஎத்தில் ஆல்கஹால் என்றும் 2-குளோரோஎத்தனால் என்றும் குறிப்பிடப்படும். இதன் மூலக்கூறு வாய்ப்பாடு $HOCH_2CH_2Cl$ எத்திலீன் குளோரோஹைட்ரின் (ethylene chlorohydrin) நிறமற்ற நீர்மம். இதன் கொதி நிலை 128.8°C. பெருமளவில் இதனை நீரிய ஹைப்போகுளோரஸ் அமிலத்தினுள் (குளோரின் நீர்) எத்திலீனை உட்செலுத்திப் பெறலாம்.

$$H_2C=CH_2 + HOCl \longrightarrow HOCH_2\text{-}CH_2Cl$$

மேலும் இதனை 100°C வெப்பத்தில் கிளைக்காலுடன் ஹைட்ரஜன் குளோரைடை வினைப்படுத்தியும் தயாரிக்கலாம்.

இது நீரில் கரைகிறது. காரத்துடன் சேர்த்துக் காய்ச்சி வடிக்கும்போது எத்திலீன் ஆக்சைடு கிடைக்கிறது. இதில் இருவேறுபட்ட வினைத் தொகுதிகள் இருப்பதால் கரிமத் தொகுப்புகளில் முக்கியமாகப் பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக நீரிய சோடியம் சயனைடுடன் வினைப்படுத்தும்போது எத்திலீன் சயனோஹைட்ரின் கிடைக்கிறது. இதனை HCl ஐப் பயன்படுத்தி நீராற் பகுக்கும்போது பீட்டா ஹைட்ராக்சி புரோப்பியோனிக் அமிலம் கிடைக்கிறது.

$$HOCH_2\text{-}CH_2Cl + NaCN \longrightarrow HOCl_2\text{-}CH_2CN + NaCl$$

$$\downarrow H_2,\ HCl$$

$$HOCH_2\text{-}CH_2COOH + NH_4Cl$$

இது பெருமளவில் எத்திலீன் ஆக்சைடு தயாரிக்கவே பயன்படுகிறது. எத்திலின் ஆக்சைடு சிறந்த பூச்சிக் கொல்லியாகவும், மாசுநீக்கிகள் தயாரிப்பிலும் பயன்படுகிறது.

- த. தெய்வீகன்

எதிர் இயக்கம்

சில வேளைகளில் ஒரு நோயைக் குணப்படுத்த இரு மருந்துகளைச் சேர்த்துக் கொடுக்கும்போது ஒரு மருந்து மற்ற மருந்தின் இயக்கத்தைக் குறைக்கும் செயல் எதிர் இயக்கம் (antagonism) எனப்படும் இது மருந்தியல் எதிர் இயக்கம், இயங்கியல் (physiological) எதிர் இயக்கம், வேதியியல் எதிர் இயக்கம், பாரம்பரியக் காரணிகள் (genetic factors) இயக்கம் என நான்கு வகைப்படும்.

மருந்தியல் எதிர் இயக்கம். இவ்வகை வினையில், ஏற்பித்தூண்டிகள் (agonists) ஏற்பிகளில் (receptors) சேர்வதை, ஏற்பித்தூண்டிகளின் இயக்கத் தடுப்பான்கள் (antagonists) தடுக்கின்றன. ஏற்பிகளில் சேர்த்து வினையை உண்டாக்குபவைக்கு ஏற்புத் தூண்டிகள் என்று பெயர். ஏற்புத்தூண்டிகளில் இயக்கத் தடுப்பான்கள் சேர்ந்தாலும் வினையை உண்டாக்குவதில்லை. ஆனால் இவை ஏற்பிகளை அடைத்துக் கொள்வதன் மூலம், ஏற்பித்தூண்டிகள் இயங்காதவாறு செய்கின்றன. மருந்தியல் எதிர் இயக்கத்தைப் போட்டியிடமுடியும் அல்லது மீளும் எதிர் இயக்கம் (competitive or reversible antagonism) போட்டியிட முடியாத அல்லது மீளாத எதிர் இயக்கம் (non competitive or irreversible antagonism) என மேலும் இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். மீளும் எதிர் இயக்கவினையில் ஏற்பித்தூண்டிகளின் அளவை அதிகரிப்பதன் மூலம், ஏற்பித்தூண்டிகளின் இயக்கம் தடுப்பான்களின் இயக்கத்தை எதிர்க்க முடியும்.

மீளா இயக்க வினையில் ஏறபித்தூண்டிகளின் இயக்கத் தடுப்பான்கள், ஏற்பிகளில் வலுவாக இணைந்து விடுவதால், ஏற்பித்தூண்டிகளின் அளவை

எடுத்துக்காட்டுகள்:

ஏற்பித்தூண்டிகள்	ஏற்பித்தூண்டிகளின் இயக்கும் தடுப்பான்கள்	ஏற்பிகள்
அசிட்டைல் கோலின்	டியு போகுய்ரேரின்	இயக்குந்தசையிலுள்ள நிக்கோட்டினிக் ஏற்பிகள்
‘‘ ’’	அட்ரோப்பின்	இயங்குதசையிலுள்ள மஸுகானிக் ஏற்பிகள்
ஹஸ்டமின்	மெப்பரைமின்	ஹிஸ்ட்மின் ஏற்பிகள்
பரிவுமண்டல அமைன்கள்	புரோப்ரனலால்	பீட்டாஏற்பிகள்

எவ்வளவு அதிகப்படுத்தினாலும் ஏற்பித்தூண்டிகளின் இயக்கம் உண்டாவதில்லை. சான்று: அட்ரினலின், ஆல்ஃபா ஏற்பிகளில் இயங்கி இரத்தக்குழாய்களைச் சுருக்குகிறது. ஆல்ஃபா ஏற்பி அடைப்பானான டைபென்ஸ்சீன் இரத்தக்குழாய்களை விரிவாக்குகிறது. டைபென்ஸ்சீனைக் கொடுத்த பிறகு அட்ரினலின் அளவை எவ்வளவு அதிகப்படுத்தினாலும் இரத்தக்குழாய்ச் சுருக்கம் ஏற்படுவதில்லை.

இயங்கியல் எதிர் இயக்கம். இது எதிரான உடலியங்கியல் வினைகள் உடைய இரண்டு ஏற்பித் தூண்டிகளிடையே ஏற்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ஹிஸ்ட்டமின் அட்ரினலின் ஆகியவற்றின் எதிர் இயக்கத்தைக் கூறலாம். ஹிஸ்ட்டமின், ஹிஸ்ட்டமின் ஏற்பிகளில் இயங்கி மூச்சுக் குழாயைச் சுருக்குகிறது. ஆனால் அட்ரினலின் பீட்டா ஏற்பிகளில் இயங்கி மூச்சுக்குழாயை விரிவடையச் செய்கிறது. பேரியம் குளோரைடு உணவுக்குழாய்த் தசைகளைச் சுருக்குகிறது. பெப்பாவிரின் உணவுக் குழாய்த் தசைகளைத்தளர்த்துகிறது. பார்பிச்சுரேட்டு மூச்சு மண்டல இயக்கத்தை ஒடுக்குகிறது. பிக்ரோடாக்சின் மூச்சு இயக்கத்தைத் தூண்டுகிறது. அமிலத்தன்மை காரத்தால் குறைக்கப்படுவதுபோல இவ்வகை எதிர் இயக்க வினையில் ஒரு மருந்து இன்னொரு மருந்தின் வீரியத்தைக் குறைப்பதில்லை. இரண்டு மருந்துகளின் தனித்தன்மையான இயக்கங்கள் இருந்து வருகின்றன. எனவே பார்பிச்சுரேட்டுகளை அதிகமாக உட்கொண்ட ஒருவருக்கு நச்சுத்தன்மை விளைவிக்கக் கூடிய அளவு பிக்ரோடாக்சினைச் செலுத்தினால் அவருக்கு மரணம் நேரிடலாம். இந்த அடிப்படை மருந்தியல் கருத்தினை நினைவிலிருத்திக் கொண்டால் நடைமுறையில் மருத்துவமளிக்கும்போது சீர்கேடான விளைவுகளைத் தவிர்க்கலாம்.

வேதியியல் எதிர் இயக்கம் என்பது மருந்துகளிடையே ஏற்படும் வேதியியல் வினையாகும். எ. கா: அபினி உட்கொண்டால் ஏற்படும் நச்சுத்தன்மையை நீக்கப் பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் கரைசலைக் கொண்டு இரப்பைகழுவுதல் மருத்துவம் செய்யலாம். அபினிலுள்ள மார்ஃபீன் ஆக்சிஜனேற்றம் அடைந்து செயலற்ற பொருளாகி விடுகிறது. சயனைடினால் ஏற்படும் நச்சுத் தன்மையைச் சோடியம் தயோசல்ஃபேட் கொடுத்துக் குறைக்கலாம். சயனைடு மருந்து தயோசயனேட் என்னும் நச்சுக் குறைந்த பொருளாக மாற்றப்படுகிறது. மித காரத்தன்மை உடைய மருந்துகளான சோடியம் பைகார்பனேட், அலுமினியம் ஹைட்ராக்சைடு போன்றவை இரைப்பையில் அமில மிகைச்சுரப்பினால் ஏற்படும் அமிலத் தன்மையைக் குறைக்கின்றன. ஹெப்பாரின் என்ற சர்க்கரை சேர்ந்த கூட்டுப்பொருள் வலுவான அமிலத்தன்மை வாய்ந்தது. புரோட்டமின் காரத் தன்மையுடையது. இது ஹெப்பாரினின் அமிலத் தன்மையைக் குறைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பாரம்பரியக் காரணிகள். மருந்துகளின் உள் உறிஞ்சல், வளர்சிதைமாற்றம், வெளியேற்றம் முதலியன பாரம்பரியக் காரணிகளால்பாதிக்கக்கூடும். மேலும் நோயாளியிடம் சில பரம்பரை வளர்சிதை மாற்ற நோய்கள் இருந்தால் அவையும் சில மருந்துகளை உட்கொள்ளும்போது வேண்டாத விளைவுகளை உண்டாக்கக்கூடும். அசெட்டைல் தொகுதிச் சேர்ப்பு, ஹைட்ராக்சில் தொகுதிச்சேர்ப்பு ஹைட்ராக்சில் தொகுதி நீக்கம் ஆகிய நொதி சார்ந்த வினைகளால் மருந்துகளின் வளர்சிதைமாற்றம் உண்டாகிறது. இந்த நொதிகளில் இயல்புக்கு மாறான கூறுகளிருப்பின் அவை மருந்துகளின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் மாறுபாடுகளை உண்டாக்குகின்றன. எ. கா. சக்சினைல் மூச்சு நிறுத்தம் (succinyl opnoea) சக்சினைல் கோலின் ஒரு குறு இயங்கும் இயக்குந்தசைத் தளர்த்தியாகும். இது பொதுவாகக் கோலினெஸ்ட்டரேஸ் என்ற நொதியினால் ஹைட்ராக்சில் தொகுதி நீக்கப்பட்டுச் சிதைக்கப்படுகிறது. ஒரு சிலரில் இந் நொதி பல விதங்களில் மாறுபட்டுக் காணப்படுகிறது. சக்சினைல் கோலினைச் சிரைவழிச் செலுத்தினால் இது தசைத்தளர்வை 3-4 நிமிடங்களுக்கு மட்டுமே ஏற்படுத்துகிறது. ஆனால் இயல்பற்ற வகை (atypical) கோலினெஸ்ட்டரேஸ் நொதி உடையவா

களிடத்தில் தசைகள் தளர்வு 3-4 மணி நேரம் வரை நீடிக்கிறது. இதனால் மூச்சு மண்டலத் தசைகளும் செயலிழந்து மூச்சு நிறுத்தம் ஏற்படக்கூடும். இந் நிலையில் செயற்கை மூச்சுக்கருவிகளைக் கொண்டு மூச்சுவிடுதலை ஏற்படுத்தாவிட்டால் உயிருக்கு ஆபத்து நேரிடலாம். மேற்கூறிய சக்சினைல் மூச்சு நிறுத்தம் 3000 பேர்களில் ஒருவருக்கு என்ற விகி தத்தில் ஏற்படுகிறது.

அசெட்டைலேற்றம். சில மருந்துகளின் அசெட் டைல் தொகுதிச் சேர்ப்பு, சிலரிடத்தில் மெதுவாக வும், சிலரிடத்தில் விரைவாகவும் ஏற்படுகிறது. இதனால் மருந்துகளின் இயக்க நேரம் மாறுபட்டு அவற்றின் நச்சுத்தன்மை அதிகரிக்கக்கூடும். மெது வாக அசெட்டைல் சேர்ப்பு நடைபெறுபவர்களி டத்தில், ஐசோநியாழ்சிட் (INH) மருந்து நச்சுத் தன்மையை ஏற்படுத்தக்கூடும்.

மருந்துகளின் இயக்கம் கீழ்க்காணும் மூன்று காரணிகளால் மாற்றியமைக்கப்படலாம். உடற்கூறு அமைப்பில் மரபுரிமை ஏற்படும் மாற்றங்கள்; மர புரிமையாக ஏற்படும் மருந்து இயக்க எதிர்ப் புணர்ச்சி; பாரம்பரிய மாறுபாடுகள். உடற்கூறு அமைப்பில் மரபுரிமையாக ஏற்படும் மாற்றங்களுக்கு எடுத்துக்காட்டாக, பெருந்தமனிக் கீழ்த்தசைக் குறு கல் நோயில் (musular subaortic stenosis) டிஜி டாலிஸ் ஏற்படுத்தும் முரண்பாடான விளைவு களைக் கூறலாம். இப்பரம்பரை நோயில் பெருந் தமனி வால்வின் கீழுள்ள இதய இடக் கீழறைத்தசை அளவில் பெருக்கமடைகிறது. இதனால் இதய இடக்கீழறையிலிருந்து இரத்த ஓட்ட வெளியேற்றம் தடைப்படுகிறது. ஓரளவு இதயப் பெருக்கம், தசைச்சுருக்கலை ஈடுசெய்து நோய் நிலையைச் சீர்செய்யக்கூடும். இந்த இதயப் பெருக் கத்தினால் ஏற்படும் இதயச்செயலிழப்புக்கு டிஜிடா லிசைக் கொண்டு விரைவாக மருத்துவம் செய்தால் டிஜிடாலிசினால் ஏற்படும் இதய அளவின் சுருக்கம், தசைக்குறுகலை அதிகரித்து, நோய் நிலையை முன்பை விடச் சீர்குலைத்து விடலாம். பிறவியி லேயே குறுகிய கோண முன்கண்ணறை உடையவர் களிடத்தில் அட்ரோபின் மருந்தைக் கண்ணில் ஊற்றினால் கிளௌக்கோமா (glaucoma) என்ற கண் உள் அழுத்த மிகு நோயை உண்டாக்கக்கூடும். ஒரு சிலரிடத்தில் ஸ்டீராய்டு மருந்துகளைக் கண்களில் ஊற்றினால், இவை கண் உள் அழுத்தத்தை அதி கரிக்கின்றன. இவ்விளைவு ஒடுங்கி (recessive) பாரம் பரியப் பண்பு காரணமாக ஏற்படுவதாகக் கருதப்படு கிறது.

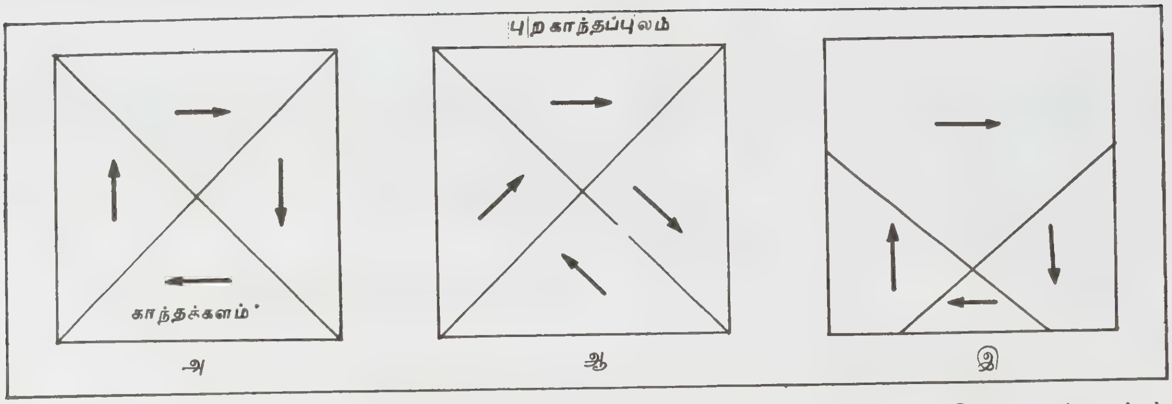
சிலர் உடலில் மருந்துகளைச் செலுத்தும்போது அவர்களிடமுள்ள பாரம்பரிய மாறுபாடுகள் காரண மாக அவை இயல்புக்கு மாறான வினைகளைப் புரி கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஹாலோத்தேன் போன்ற பொது உணர்விழப்பு மருந்துகள் ஒருசிலரில் கடும் மிகுவெப்பநிலையை ஏற்படுத்துகின்றன. இவ்விளைவு கடும் தசையிறுக்கத்தை உண்டாக்கி மரணத்தை விளைவிக்கக்கூடும். ஆனால் இது மிக அரிதாகவே ஏற்படுகிறது.

- சுவயம் ஜோதி

எதிர் இரும்பியல் காந்தம்

குறைந்த மதிப்புடைய புறக்காந்தப் புலத்தைக் கொண்டே காந்தமற்ற நிலையிலிருந்து தெவிட்டிய காந்த நிலைக்கு இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல் போன்ற இரும்பியல் காந்தப் பொருள்களை எடுத்துச் செல்ல முடியும். இப்பண்பினை விளக்கு வதற்காக வெயிஸ் என்பார் மூலக்கூற்று அகக்காந்தப் புலம் (internal molecular field) என்ற புதிய கொள்கையை உருவாக்கினார். மூலக்கூற்றுப்புலத் தின் வலிமை மூலக்கூற்றின் தற்சுழற்சி அதன் காந்தமாக்கச் செறிவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்த தாக இருக்கின்றது என்றும் நிறுவினார். இம்மூலக் கூற்றுப் புலத்தினால் ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குட் பட்ட பகுதியிலுள்ள அணுக்கள் அனைத்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் காந்தத் திருப்பு திறன் பெற்றிருக்குமாறு வரிசைப்படுத்தப்படுகின்றன. இதனால் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்களில் பல சிறு சிறு பகுதிகள் தம்மியல்பாகக் (spontaneous) காந்த மாக்கப்பட்டவையாகக் கருதப்படுகின்றன. இச்சிறு பகுதிகள் காந்தக்களம் (domain) என்று குறிப்பிடப் படுகின்றன. இந்தக் காந்தக் களங்களின் கட்ட மைப்பைச் சிறும ஆற்றல் நிலைத் தத்துவத்தைக் கொண்டும் அறியலாம்.

காந்தமற்ற நிலையில் பல்வேறு காந்தக் களங் களின் காந்தத் திருப்பு திறன்களின் மடல் சுழியாக இருக்கும். புறக்காந்தப்புலத்தில் அவை காந்த மாக்கப்படுவது இரு வகைகளில் நிகழக்கூடும். அவை காந்தக்களங்களிலுள்ள அணுக்கள் தம் காந்தத் திருப்பு திறனின் கூறைப்புலத்திசையில் அதிகரித்துக் கொண்டு வருவதும் அல்லது இணக்கமற்ற காந்தக் களத்தின் அழிவால், இணக்கமான காந்தக்களம் வளர்ச்சியுற்று வருவதும் ஆகும் (படம் 1). பொது வாக வலிமையான புறக்காந்தப்புலம் மட்டுமே ஒரு காந்தக்களத்தின் காந்தத் திருப்பு திறனைத்திசை திருப்பக்கூடியதாக இருப்பதால், தாழ்ந்த காந்தப் புலங்களில் இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட முறையே நிகழக்கூடியதாக இருக்கின்றது. புறகாந்தப்புலத்தில் அணுக்களின் ஆற்றல்நிலை மாற்றத்தினால், அவை ஒரு களத்திலிருந்து மற்றொரு களத்திற்கு இடப் பெயர்வு செய்யப்படுகின்றன. இதுவே காந்தக்கள வளர்ச்சி போலத் தோன்றுகிறது.



(அ) காந்தமற்றநிலை (ஆ) காந்தக்களச் சுழற்சியால் காந்தமாக்கப்படுதல் (இ) காந்தக்கள வளர்ச்சியால் காந்தமாக்கப்படுதல்

படம் 1. காந்தமாக்க முறைகள்

வெவ்வேறு திசைகளில் காந்தத் திருப்பு திறன் களையுடைய அடுத்தடுத்த இரு காந்தக் களங்களுக் கிடையே ஓர் இடைப்பெயர்வுப் படலம் (transition layer) உள்ளது. இதுவே காந்தக் களச்சுவர் அல்லது புளோக்சுவர் (Bloch wall) என்று குறிப்பிடப்படு கிறது. ஒரு களத்திலிருந்து ஒரு களம் வரை செல்லும் போது, அணுக்களின் காந்தத் திருப்புதிறன் அக்களங் களுக்குரிய காந்தத் திருப்பு திறன் திசைக்குத்திடீரென மாறிவிடுவதில்லை. படிப்படியாகவே மாறுகின்றது. இதுவே புளோக்சுவர் பகுதியின் சிறப்பாகும். இச் சிறப்பைப் பரிமாற்று இடைவினையால் விளக்கலாம்.

வெர்னர் ஹெய்சன்பர் என்பார், காந்தக்களத்தை உருவாக்க வல்ல உயரளவிலான மூலக்கூற்றுப்புலத்தை இரு எலெக்ட்ரான்களுக்கிடையேயான ஒரு பரி மாற்று இடைவினையால் நிறுவ முடியும் என்று கூறினார். குவாண்ட்டம் இயக்கவியல் கோட்பாடு களைக் கொண்டு முறையான சமன்பாடுகளால் இதை விளக்கியும் காட்டினார்.

பரிமாற்று இடைவினை என்பது அருகருகே அமைந்துள்ள இரு அணுக்கள் தம் எலெக்ட்ரான் களை இடமாற்றிக் கொள்ளுவதால் நிகழும் ஒருவிதப் பிணைப்பாகும். ஹைட்லர்-லண்டன் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி, இடைவினையில் ஈடுபட்டுள்ள இரு அணுக்களின் பிணைவாற்றலை (E)

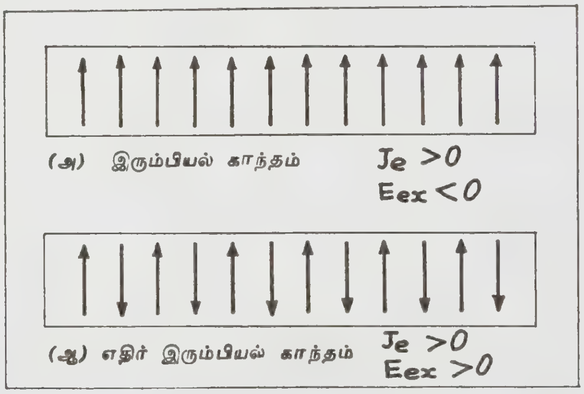
$$E = E_c \pm E_{ex}$$

எனக் காட்டலாம், இதில் E_c என்பது கூலூம் இடை வினை ஆற்றலாகும் (Coulomb energy). E_{ex} என்பது பரிமாற்று இடைவினை ஆற்றலாகும். இதன் மதிப் பைப் பரிமாற்றுத் தொகையம் (exchange integral) அல்லது மேலணையும் தொகையம் (overlap integral) (J_e) என்பதிலிருந்து கொணர முடியும். இதன்படி

$$E_{ex} = - 2\, J_e\, S_2\, S_2 \cos\theta$$

என நிறுவலாம். இதில் S_1, S_2 என்பன இடைவினை யில் ஈடுபடும் எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சியாகும்.

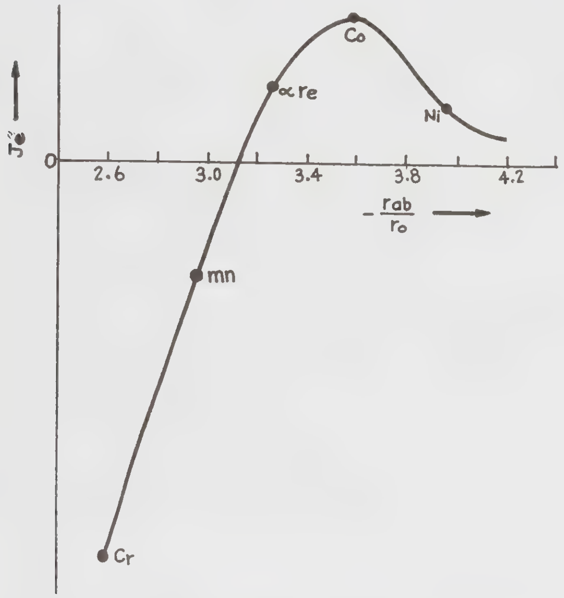
நுண்குவையக் கொள்கைகள், J_e என்பது நேர் குறியுடையதாகவோ எதிர்க் குறியுடையதாக வோ இருக்கலாம் எனச் சுட்டிக்காட்டுகின்றன. J_e நேர் குறியுடையதாக இருக்கும்போது பரிமாற்று இடைவினை ஆற்றல் எதிர்க் குறியுடையதாகவும், J_e எதிர்க் குறியுடையதாக இருந்தால், பரிமாற்று இடை வினை ஆற்றல் நேர்குறியுடையதாகவும் அமைந்தால் நிலைப்புத் தன்மை மிக்கதாக இருக்கும். இடைவினை யில் ஈடுபடும் எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சிகள் இணையாக இருந்தால் (↑ ↑) ($\theta = 0$) அதன் J_e நேர்குறியுடையதாக இருக்கும். இந்நிலையையே காந்தநிலை (magnetic state) என்பர். இரும்பியல் காந்தப் பொருள்கள் இந்நிலையைச் சார்ந்தவையாக இருக்கும். மாறாக எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சி எதிரிணையாக (↑ ↓) ($\theta = 180$) J_e எதிர்க் குறியுடையதாக அமையும். இந்நிலையைக் காந்த மற்றநிலை என்பர். எதிர் இரும்பியல் காந்தம் இந்நிலையால் வரையறுக்கப்படுகிறது. (படம் 2).



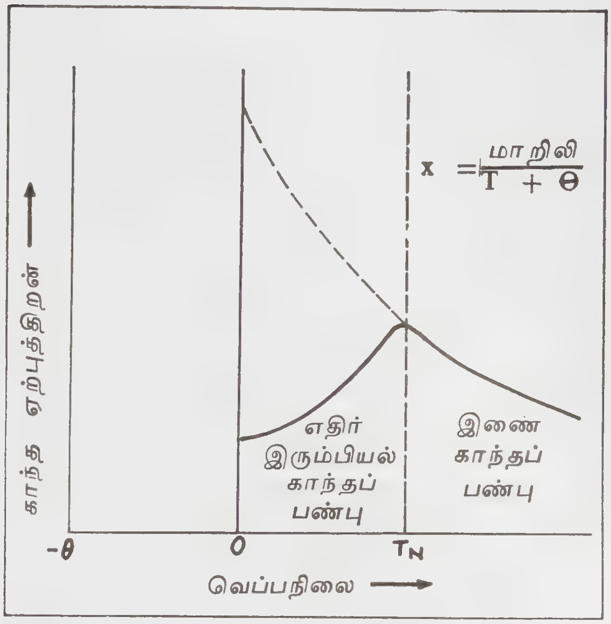
படம் 2. இரும்பியல் காந்தமும் எதிர்இரும்பியல் காந்தமும்

J_e இன் மதிப்பு இடைவினை புரியும் அணுக் களின் அணுக்கருக்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு (rab) மற்றும் அதிலுள்ள எலெக்ட்ரான் வட்டப்

பாதையின் ஆரம் (r_0) ஆகியவற்றின் தகவைப் பொறுத்து அமைந்திருக்கின்றது. இத்தகவின் மதிப்பு 3-ஐவிடக் கூடுதலாக (தாழ்ந்த அளவில்) இருந்தால் J_e நேர்குறி உடையதாக உள்ளது (படம் 3). இந்நிலை ஆல்பா இரும்பு, (3.26), கோபால்ட் (3.64), நிக்கல் (3.94) போன்ற தனிமங்களில் நிலவுகிறது. மாங்கனீசு, குரோமியம் ஆகியவற்றில் r_{ab}/r_0 இன் மதிப்பு முறையே 2.94, 2.60-ஆக உள்ளது. இவற்றின் J_e இன் மதிப்பு எதிர்க்குறியுடையதாக இருப்பதால் இவை எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன.

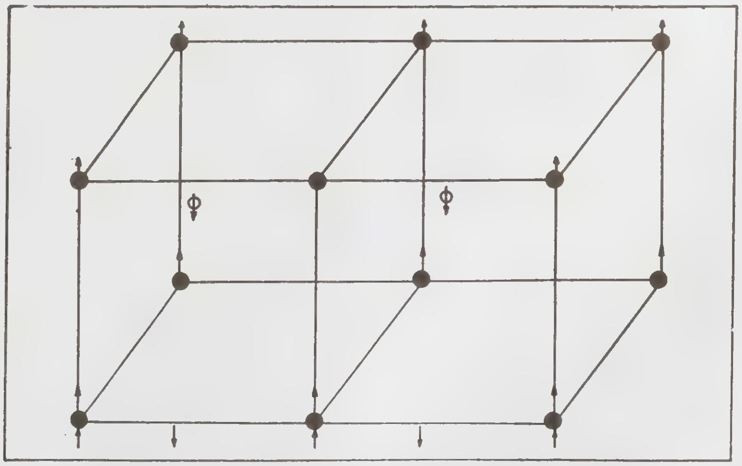


படம் 3. பரிமாற்று இடைவினை ஆற்றலும் $\frac{r_{ab}}{r_0}$ - இன் மதிப்பும்



படம் 4. எதிர் இரும்பியல் காந்தத்தின் காந்த ஏற்புத்திறனின் வெப்ப நிலைச்சார்பு

எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்கள் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்களிலிருந்து மாறுபட்ட காந்தப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. கோட்பாடுகள் வாயிலாக முதலில் இதனை நீல், பிட்டர் ஆகிய அறிவியல் அறிஞர்களும் பின்னர் வான்வெலக் என்பாரும் விளக்கினர். ஆய்வுகள் மூலம் எதிர் இரும்பியல் காந்த இயல்பை 1938-ஆம் ஆண்டில்



படம் 5. அடுத்தடுத்த அணிக்கோப்புகளில் அணுக்களின் தற்சுழற்சி

எச்.பைசெட்டி, சி.எஃப். ஸ்கொயர், பி. திசாய் ஆகிய ஆய்வாளர்கள் மாங்கனீஸ் ஆக்சைடு (MnO) என்ற கூட்டுப்பொருளின் சிறப்புப் பண்பாகக் கண்டறிந்தார்கள்.

காந்த ஏற்புத்திறன் (magnetic susceptibility) வெப்பநிலை அதிகரிப்பிற்கு ஒரு பெருமத்தைக் காட்டுவது எதிர் இரும்பியல் காந்தத்தின் சிறப்புத் தன்மை வாய்ந்த ஒரு பண்பாகும் (படம் 4). இச்சிறப்புப் பண்பை இரு துணை அணிக்கோப்பு (sub-lattice) மாதிரியமைப்பு மூலம் விளக்கமுடியும் என நிறுவியுள்ளனர் (படம் 5). மிகத்தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் படம் 5- இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று அடுத்தடுத்த அணிக்கோவைகளிலுள்ள அணுக்களின் தற்சுழற்சி எதிர் எதிரான திசைகளில் அமைந்திருக்கும் நிலையிலேயே வலுவாக இருக்கின்றது. அதனால் புறக்காந்தப் புலத்தில் காந்தத் திருப்பு திறன் குறைவாக இருக்கின்றது. வெப்பநிலை அதிகரிக்க இந்த இடைவினையின் செயல்திறன் குறைகின்றது. அதனால் எதிர் இரும்பியல் காந்தப்பொருள்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் அதிகரிக்கின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் எல்லாத் தற்சுழற்சிகளும் இடைவினையில் ஈடுபாடு எதுவுமின்றித் தம்மிச்சை உடையனவாக இருக்கின்றன. இந்நிலை இணைகாந்தத் தன்மையைச் சுட்டிக்காட்டுவதாக இருக்கின்றது. (இணைகாந்தப் பொருள்களுக்கு அவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலை அதிகரிப்பிற்குச் சீராகவும் குறைவாகவும் இருக்கும்). எதிர் இரும்பியல் காந்தத்திலிருந்து இணைகாந்தத் தன்மைக்கு (paramagnetism) நிலைப் பெயர்வு செய்யும், குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையை நீல்வெப்பநிலை என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இதன் மதிப்பு வெவ்வேறு எதிர் இரும்பியல் காந்தப்பொருள்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கின்றது. சில முக்கிய எதிர் இரும்பியல் காந்தப்பொருள்களின் நீல் வெப்பநிலை அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்களும், நீல் வெப்ப நிலையும்

எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்	நீல் வெப்பநிலை
$NiSO_4$	37.0
$FeSO_4$	21.0
NiO	520.0
FeO	188.0
NiF_2	73.2
FeF_2	78.3

எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பண்பினைப் நியூட்ரான் சிதறல் மூலம் கண்டறிய முடியும். நியூட்ரான் சிதறலின் பங்கீட்டுத்தனம், அணுக்கருவை மட்டுமன்றி, நியூட்ரானின் தற்சுழற்சிக்கும், அணிக்கோப்பில் உள்ள இணைகாந்த எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சிக்கும் இடைப்பட்ட இடைவினையையும் பொறுத்தது. எனவே எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பொருளை, நியூட்ரான் சிதறலுக்கு உட்படுத்தும் போது, அது கூடுதலான விளிம்பு விளைவு வரிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றது. இதுவே எதிர் இரும்பியல் காந்தத்தைக் காட்டும் ஆய்வுச் சான்றாகக் கருதப்படுகிறது.

எதிர் இரும்பியல் காந்த ஒத்ததிர்வு (antiferro magnetic resonance) எதிர் இரும்பியல் காந்தப் படிகங்களின் அமைப்பை ஆராயப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. ஒரு பொருளை ஈர்ப்புக்கு எதிராகச் சற்றே தூக்கி அந்தரத்தில் நிற்குமாறு செய்யும் வழிமுறையில் எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பொருள்கள் பயன்படுகின்றன. இப்புதிய பண்பினைக் கொண்டு, இருப்புப் பாதையில்லாத மிகுவேகத்தொடர் வண்டிகளை நடைமுறைப்படுத்த முயன்று வருகின்றனர். உயர்தொழில் நுட்பங்களில் எதிர் இரும்பியல் காந்தங்களின் பங்கு இன்றைக்கு அதிகரித்திருக்கின்றது.

- மெ. மெய்யப்பன்

எதிர் ஈர்ப்பு

நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிப்படி அண்டத்திலுள்ள ஒவ்வொரு பொருளும் மற்றொரு பொருளை அது எவ்வளவு தொலைவில் இருந்தாலும் கவர்ந்திழுக்கின்றது என்றும், கவர்ச்சி விசையின் அளவு, அவ்விரு பொருள் நிறைகளின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர் விகிதத்திலும், இடைத் தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கின்றது என்றும் அறியலாம். ஈர்ப்பு விசை எப்பொழுதும் கவர்ச்சியாக இல்லாது விலக்கு விசையாகவும் இருக்கக்கூடும் என்பதை இப்பொழுது கொள்கை மூலம் அறிந்திருக்கின்றார்கள். ஒரு பொருளுக்கும் மற்றொரு பொருளுக்கும் இடைப்பட்ட ஈர்ப்புவிசை கவர்ச்சி விசையாக இருக்குமெனில், ஒரு பொருளுக்கும் ஓர் எதிர்ப் பொருளுக்கும் இடையில் காணப்படும் ஈர்ப்பு விசை விலக்கு விசையாக இருக்கும் எனலாம். இதையே எதிர் ஈர்ப்பு (anti gravity) என்று கூறுகின்றார்கள்.

ஆய்வுக்கூடங்களில் ஈர்ப்பை உருவாக்கி அறிய முடிவதைப்போல, எதிர் ஈர்ப்பை உருவாக்கி உணர முடிவதில்லை. ஏனெனில் துகள்-எதிர்த்துகள்களிடையே உள்ள வலிமை குறைந்த எதிர் ஈர்ப்பு விசை, அவற்றிற்கிடையே காணப்படும் மின் காந்த

விசையை விட 10^{40} மடங்கு குறைவாக இருப்பதால் முழுதுமாகப் புறக்கணிக்கப்பட்டு விடுகின்றது.

எதிர் ஈர்ப்பை விண்ணியல் உறுப்புகளிடையே காண முடியும் என்றாலும் அது அவ்வளவு எளி தில்லை. அதற்கான காரணத்தையும் அலசி அறிய வேண்டும்.

டிராக் என்பார் சார்புக் குவாண்டம் கொள்கை யைக் கொண்டு, ஒவ்வொரு துகளுக்கும் அதற்குரிய ஓர் எதிர்த்துகள் இருக்க வேண்டும் என்பதை நிறுவினார். இவருடைய கருத்து, பின்னர் ஆய்வுகள் வாயிலாக மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. எலெக்ட்ரானின் எதிர்த்துகள் பாசிட்ரான் என்றும், புரோட்டானின் எதிர்த்துகள் எதிர் புரோட்டான் என்றும் நியூட் ரானின் எதிர்த்துகள் எதிர் நியூட்ரான் என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஓர் எதிர்த்துகள் தன் துகளை ஒத்திருந்தாலும், மின்னூட்டத்தாலும், ஒரு குறிப் பிட்ட தற்சுழற்சிக்குரிய காந்தத் திருப்புதிறனின் திசையாலும் மாறுபட்டிருக்கும்.

ஒவ்வொரு துகளுக்கும் எதிர்த்துகள் இருக்க வேண்டுமெனில், எதிர்த் துகள்களால் கட்டப்பட்ட எதிரணுக்கள் இருக்கலாம் என்று கருத இயலும். எதிரணுக்களின் உட்கருவில் எதிர் புரோட்டான்களும், எதிர் நியூட்ரான்களும் இருக்கும். உட்கருவைச் சுற்றிப் பல வட்டப் பாதைகளில் நேர் மின்னூட்டம் உடைய பாசிட்ரான்கள் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும்.

எதிரணுக்களால் ஆன எதிர் உலகமும் இருக்க லாம். ஆற்றலைப் பொறுத்த வரை பொருளும் எதிர்ப் பொருளும் ஒன்றே. அதாவது ஆற்றல் பொருளாகவும், எதிர்ப் பொருளாகவும் மாறுவதற் குரிய வாய்ப்பு சமமே. எனவே, இப்பேரண்ட வெளி வெறும் பொருள்களால் ஆன விண் உறுப்புகளை மட்டும் கொண்டிருக்க முடியாது. அதற்குச் சமமாக எதிர்ப் பொருளால் ஆன விண் உறுப்புகள் ஓர் அண்டத்தில் அங்கொன்றும் இங் கொன்றுமாகவோ தனி விண்மீன் மண்டல மாகவோ இருக்கலாம் என்று வானியல் இயற்பியல் அறிஞர்கள் கருதுகின்றார்கள். பேரண்ட வெளியில் காணப்படும் வலிமையான ரேடியோ அலை மூலங் கள் இவர்களுடைய கருத்துகளுக்குச் சான்று அளிக் கின்றன.

ஓர் எதிர் உலகத்தின் ஈர்ப்புப் புலத்தில் பொருளால் ஆன ஆப்பிளை வைத்தால், அது எதிர் ஈர்ப்பு விசைக்கு உட்பட்டு, தானாகக் கீழே விழுவ தற்குப் பதிலாக விலகிச் செல்கின்றது. ஆனால் எதிர் உலகத்தில் ஒரு பொருள் நிலையாக இருப்பதில்லை. அதில் உள்ள ஒவ்வோர் அணுவும் அல்லது துகளும், எதிர் உலகத்தில் உள்ள அதற்குரிய எதிரணு அல்லது எதிர்த்துகளோடு முழு அழிவாக்கத்தில் ஈடு பட்டு முற்றிலும் அழிந்தொழியும். இதனால் எதிர் ஈர்ப்பினால் விளையும் இயக்கங்களைக் கண்டுணர முடிவதில்லை.

- மெ. மெய்யப்பன்

எதிர் எதிராட்டத் துளைப்பு

உலோகத் துண்டுகளிலிருந்து சிறு பகுதியை அகற்றித் தேவைப்படும் வடிவமைப்புகள் உருவாக்கப்படு கின்றன. உலோகப் பகுதிகளை அகற்றுவதற்கு வெவ்வேறு வகையான துளைப் பொறிகள் வழக்கில் உள்ளன. பெருந்திரள் உற்பத்திக்கு மிகு திறன் கொண்ட எந்திரங்கள் தேவைப்படும். அவை பெரும் பாலும் தம்மியக்கமாகவே செயல்படும். ஆனால் சிறு அளவில், குறைந்த எண்ணிக்கையில் பொருள்களை உருவாக்கச் சிறிய அமைப்பைக் கொண்ட எந்திரங்கள் வழக்கில் உள்ளன. அவற்றில் எதிர் எதிராட்டத் துளைப் (nibbling) பொறி குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இதில் சிறுஉளி மேலும் கீழும் இயக்கத்திற்குள்ளா வதன் மூலமாக உலோகப் பகுதிகள் வெட்டியெடுக் கப்படுகின்றன. எனவே இதில் உளியின் இயக்கம் முன் பின் இயங்கும் படித்திட்ட அமைப்பு இருக்கும். இதன் அமைப்பு தையல் எந்திரம்போல் இருக்கும். வேலைக்கு உள்ள உலோகத்துண்டு தகுந்த தாங்கும் பலகை அல்லது பகுதிகளில் வைக்கப்பட்டு, உளியின் இயக்கத் திற்குத் தக்கவாறு நகர்த்தப்படும்.

சில சமயம் தாங்கும் பகுதி அச்சாகவும் இருக்கக் கூடும். இரும்பு அல்லது இரும்புக் கலப்பற்ற கலவை உலோகங்கள் இவ்வகை எதிர் எதிராட்டத் துளைப் பாக உருப்பெறுகின்றன. மென் எஃகு உலோகத் துண்டுகளை இம்முறையில் $\frac{1}{8}''$ அளவிற்கு வெட்ட லாம்.

சிற்றுளிக்கும், தாங்கும் பீடத்திற்கும் உள்ள இடைவெளியைக் கருத்திற் கொண்டு, இவ்வகை எந்திரங்கள் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. வேலைக்குரிய உலோகத்துண்டை நகர்த்துவதற்குச் சில சமயம் உருள் சிற்றுளிகள் தேவைப்படும். ஒழுங்கான வடி வில்லாத உலோகத் தகடுகளைப் பிடிப்பியைக் கொண்டு நகர்த்துவதற்கு உருள் சிற்றுளிகள் பயன் படுகின்றன. இச்சமயங்களில் மேற்குறிப்பிட்ட இடை வெளி, உருள் சிற்றுளிகளைப் பயன்படுத்துவதற்குத் தக்கவாறு அதிகரிக்கப்படும். ஏற்புடைய தகடுகளை வழித்தடங்களாகக் கொண்டு வேலைத் துண்டுகளின் நகல்களை உருவாக்கலாம். சிறு குழாய்த் துண்டு களும் இம்முறையில் வெட்டப்படும். மேலும் குழி களும், சிறு துளைகளும் இம்முறையில் எளிதாக உருவாக்கப்படும்.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எதிர் ஒத்திசைவு

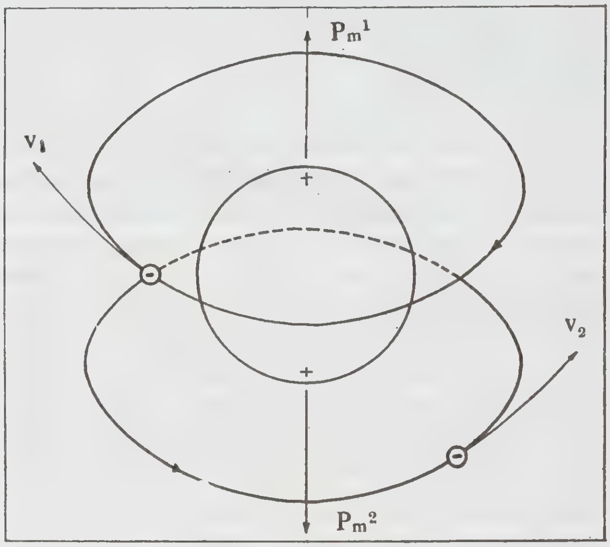
ஒரு மின் அமைப்பு, ஒலி அமைப்பு அல்லது இயங்கு தன்மையுள்ள அமைப்பில் மின் மறிப்பு (impedance) அதிகமாகி முடிவில்லாத அளவை எட்டக்கூடிய நிலையில் எதிர் ஒத்திசைவு (anti resonance) நிகழ் கிறது எனலாம். ஒரு கம்பிச் சுருளும், மின்னேற்பியும் பக்கவாட்டில் இணைந்துள்ள ஒரு மின்சுற்றில், மின் னோட்டமும் மின் அழுத்தமும் ஒரே தறுவாயில் இருக்குமானால் எதிர் ஒத்திசைவு உண்டாகிறது. கம்பிச் சுருளின் மின் நிலைமம் நிலையானது. மின் னேற்பியின் (capacitor) ஏற்புத்திறன் மாறக்கூடியது. தேவையான மின்னலைகளுக்கேற்ப மின்னேற்பியில் தகுதியான ஏற்புத் திறனை அடையும்போது மின் ஒத்திசைவு ஏற்படுகிறது. இந்த நிலையில் எதிர் ஒத்திசைவு கொண்ட மின் சுற்றிலுள்ள மின் மறிப்பு அதிகமாக இருப்பதன் காரணமாக, மின் பாதையி லுள்ள மின்னோட்டம் மிகவும் குறைவாக இருக்கும். இரு பிரிவுகளிலும் ஓடும் மின்னோட்டம் ஒரே அள வாகவும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த் திசையாகவும் இருக்கும்.

வானொலி ஒலி ஏற்பி குறிப்பிட்ட வானொலி அலைகளை மட்டும் ஏற்பதற்கும், மற்ற அலைகளின் ஓட்டத்தை உள்ளே வரவிடாமல் தடுத்து நிறுத்து வதற்கும் வானொலிப் பெட்டிகளின் ஒலி அலை வாங்கிகளுடன் தொடர் இணைப்பில் பயன்படுத்தப் படும் அலைத் தடுப்புக் கருவியில் (wave trap) இந்த எதிர் ஒத்திசைவுக் கொள்கை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

-மா. தாயுமானசாமி.

எதிர்காந்தவியல்

காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும் சில தனிமங்களின் அணுக்கள், அக்காந்தப்புலத்தினால் காந்தத்திருப்பு திறனைப் (magnetic moments) பெறுகின்றன. காந்தப்புலத்தின் மதிப்பு சுழியாகும்போது அத் தனிமங்களிலுள்ள அணுக்களின் காந்த இயக்கமும் மறைந்து விடுகின்றது. இதற்கு எதிர் காந்தத்தன்மை (diamagnetics) என்றும் அத்தனிமத்தின் அணுக் களுக்கு எதிர்காந்த அணுக்கள் (diamagnetic atoms) என்றும் பெயர். எடுத்துக்காட்டாக ஹீலியம் அணு முறையே இரு புரோட்டான்களையும், எலெக்ட்ரான் களையும் கொண்டது. எனவே ஹீலியம் அணுக் கருவின் மின்னூட்டம் $q = +2e$. e= எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்; ஹீலியம் அணுவிலுள்ள இரு எலெக்ட் ரான்களும் அணுக்கருவை மாறாவேகத்தில், நிலை யான சுற்றுப்பாதையில் சுற்றி வருகின்றன. ஆனால் அவ்விரு எலெக்ட்ரான்களும் அணுக்கருவை ஒன்றுக் கொன்று எதிரான திசையில் படம் 1இல் காட்டி யுள்ளவாறு சுற்றி வருகின்றன.



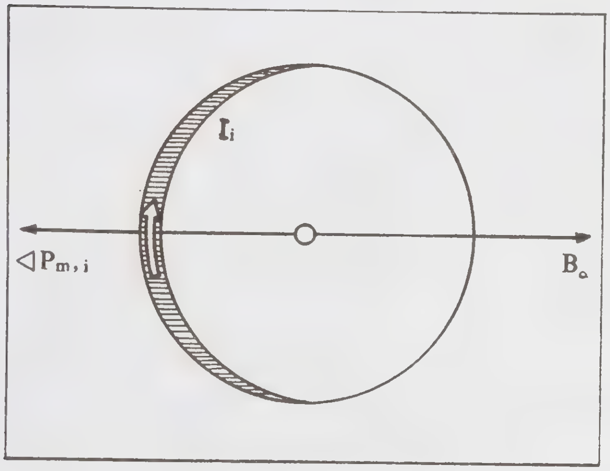
படம் 1.

எனவே அவ்விரு எலெக்ட்ரான்களின் சுற்றுப் பாதையில் காந்தத் திருப்புதிறனின் (orbital magnetic moment) மதிப்பு ஒன்றுக்கொன்று சமமாக, ஆனால் எதிர்க்குறியுடன் இருக்கின்றது. இதனால் ஹீலியம் அணுவில் இவ்விரு எலெக்ட் ரான்களால் ஏற்படும் கூடுதல் காந்த இயக்கம் $P_m = P_{m(1)} + P_{m(2)}$ சுழிக்குச் சமமாகும்.

எதிர்காந்தத் தனிமத்தைக் காந்தப்புலத்தின் அருகே கொண்டு செல்லும்போது அத்தனிமத்தின் அணுக்களில் ஏற்படுகின்ற காந்தத் திருப்புதிறனால் மின்னோட்டம் (I_i) தூண்டப்படுகின்றது. எதிர்காந்த வியல் தனிமங்களின் காந்த ஆக்கம் இவ்வாறு தூண்டப்படுகின்ற மின்னோட்டத்தைச் சார்ந்தே இருக்கின்றது. லென்ஸ் விதிப்படி காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுவதைத் தூண்டப்பட்ட மின் னோட்டம் எதிர்க்கும் வகையில் தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் திசையும், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையும் அமையும். எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் திசை வெளிக்காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிராக அமைவதால் இத்தனிமங்கள் எதிர்காந்த ஏற்புத்திறனை உடைய தனிமங்கள் எனப்படும். எதிர்காந்த ஏற்புத்திறனையுடைய தனிமங்கள் எதிர்காந்தவியல் பண்பைப் பெற்றிருக் கின்றன.

தனிமத்தின் ஒவ்வோர் அணுவிலும் தூண்டப் பட்ட மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தப்புலங்

களின் கூடுதல் அத்தனிமத்தின் உள் காந்தப்புலப் மாகும். படம் 2-இல் காட்டியபடி உள்காந்தப்புலத் தின் காந்தத்தூண்டல் திசையன் $\triangle P_{m,i}$ வெளிக் காந்தப் புலத்தின் காந்தத்தூண்டல் திசையன் B_o க்கு எதிர்த்திசையில் அமையும்.



படம் 2.

தனிமத்திற்கு அளிக்கின்ற வெளிக்காந்தப் புலத்தை நிறுத்தும்போது, தனிமத்தின் அணுக்களில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் சுழியாகிறது. எனவே தனிமம் எதிர்காந்தவியல் பண்புகளை இழக்கின்றது.

வெளிக்காந்தப்புலத்தினால் தனிமத்தின் அணுக் களில் உண்டாகும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் அணுக்களின் முடிவுறா வெப்ப இயக்கத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே ஒரு தனிமத்தின் எதிர்காந்தவியல் பண்புகள் வெப்ப நிலையைச் சார்ந் திருக்கவில்லை என்பது புலனாகிறது.

ஒரு தனிமத்தின் எதிர்காந்தவியல் பண்பு என்பது மிகச்சிறிய விளைவாகும். தனிமத்தின் காந்த உட் புகுதிறன் எண்மதிப்பு ஒன்றைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். மேலும் இத்தனிமத்தின் காந்த ஏற்புத் திறன் - 10^{-5} செ.மீ.^{3}/மோல் என்ற மிகச்சிறிய அளவில் உள்ளது.

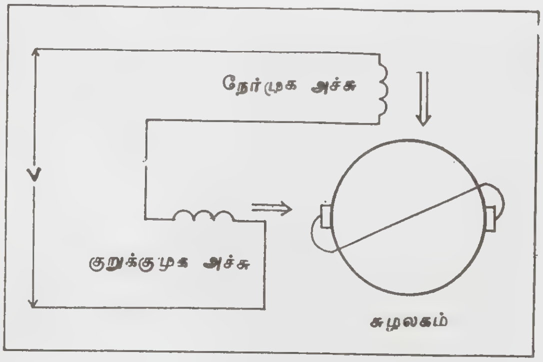
தனி எலெக்ட்ரான்களில் எதிர்காந்தவியல். பழங் கொள்கைப்படி தனி எலெக்ட்ரானின் எதிர்காந்த வியல் மதிப்பு புறக்கணிக்கத்தக்கது. ஆனால் லான்டே என்பார் குவாண்டம் இயக்கவியல் முறையில் எதிர்காந்தவியலின் மதிப்பைக் கணக் கிட்டார். ஃபெர்மி-டிராக் புள்ளியியலில் அடங்கும் துகள்களின் லான்டே எதிர்காந்தவியல் மதிப்பு பாலி தற்சுழற்சி பாராகாந்தத்தின் மதிப்பில் மூன்றில் ஒரு பங்கையே பெற்றிருந்தது.

- ஜா. சுதாகர்

எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடி

இது ஒற்றைத் தறுவாய்த் தூண்டல் மின்னோடிகளில் ஒன்றாகும். இதன் வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்புகள் தொடர்புல மின்னோடியைப்போல் அமைந்தவை. இவை அதிக தொடக்கத்திருக்கமும், எளிதில் வேக மாற்றமும் தரவல்லன. ஆகவே எக்கிகள், அழுத்தி கள் (compressors), பளு தூக்கிகள் போன்ற கருவி களில் இவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வகை மின்னோடியின் சுற்றகத்தில் (rotor), திரட்டி (commutator) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் உண்டாகும் மின்வில் போன்ற இடையூறுகளால் எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடி (repulsion motor) அதிகத்திறனுடன் அமைக்கப்படுவதில்லை.

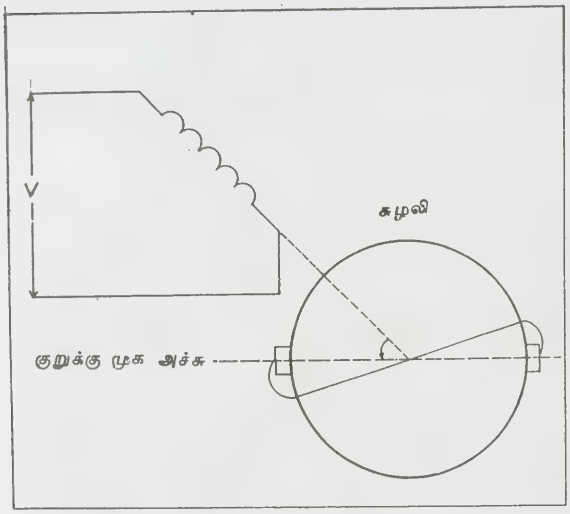
அமைப்பும் இயங்கு முறையும். எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடியின் சுழலகம் ஒரு நேர்மின் ஓட்ட மின் னோடியின் மின்னகம் போலவே அமைக்கப்படுகிறது. நிலையகத்தில் (stator) இரண்டு சுருணைகள் இருக் கும் (படம் 1). ஒன்றுக்கொன்று மின்முறையில் செங் குத்தாக இருக்குமாறு இந்தச் சுருணைகள் அமைக்கப் படுகின்றன. சுற்றகத்தின் திரட்டியின் மீது இரண்டு தொடிகள் (brush) குறுக்குமுக அச்சுக்கு இணையாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். தொடிகள் இருக்கும் அச்சு பொதுவாக குறுக்குமுக அச்சு அல்லது மின் மாற்றி அச்சு (transformer axis) எனப்படும். நேர் முக அச்சு, கிளர்த்தும் அச்சு (exciting axis) என்றும், வேக அச்சு என்றும் குறிப்பிடப்படும். நேர்முக



படம் 1. எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடியின் அமைப்பு

அச்சில் நிலையகத்தில் உள்ள சுருணையில் ஓடும் மின் னோட்டம் ϕ_d என்ற மின்காந்தப் பெருக்கை உண்டாக்குகிறது. குறுக்கு முக அச்சில் உள்ள சுருணையில் ஓடும் அதே மின் ஓட்டம் சுற்றகத்தின் தூண்டுதல் மின்னோட்டத்துடன் சேர்ந்து, ϕ_q என்ற மின்காந்தப் பெருக்கை குறுக்கு அச்சில் உண்டாக்கு கிறது. ϕ_d-யும் ϕ_q- யும் சேர்ந்து சுற்றகத்தில்

மின் அழுத்தத்தைத் தூண்டுகின்றது, சுற்றகம் மூடப்பட்ட சுற்றானால், சுற்றகத்தில் மின்னோட்டம் உண்டாகி, அது மின் பெருக்குகளுடன் செயல்பட்டுத் திருக்கம் உண்டாக ஏதுவாகிறது. நிலையகத்தின் மின்னோட்டம் சுற்றகத்தின் மின்னோட்டத்திற்கும் காரணமாக அமைவதால், இந்த மின்னோடி,தொடர் மின்னோடியின் வேகத்திருக்கச் சிறப்பியல்புகளைப் பெற்றிருக்கும்,

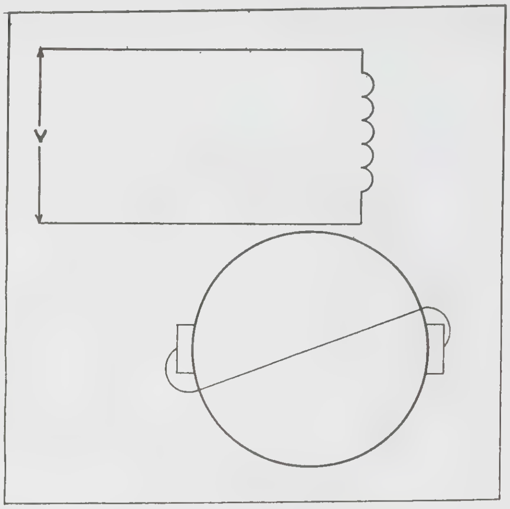


படம் 2. ஒரு சுருணை மட்டும் கொண்ட மின்னோடி

படம் 1இல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பினை இன்னும் எளிதாக்க இயலும். நிலையகத்தின் இரு சுருணைகளுக்குப் பதில் ஒரே சுருணையைப் பயன் படுத்த முடியும். நிலையகம் சுருணையின் அச்சு குறுக்கு முக (தொடி) அச்சுடன் α என்ற கோணத் தில் (படம் 2) அமையும்.

செயல் விளக்கம். இந்த மின்னோடியில் தொடி கள் இரண்டும் கடத்தியால் இணைக்கப்பட்டுள்ள மையைக் காணலாம். இது சுற்றகத்தில் தூண்டப் படும் மின்விசையானது மின் ஓட்டத்தை ஏற்படுத்த வகை செய்யும். தொடிகள் மின்போக்கு மாற்றியின் மீது கையினால் சுற்றும் படியாக அமைக்கப்பட் டுள்ளன. தொடிகளை இணைக்கும் நேர் கோட்டின் தொடியை அச்சு எனலாம். ஆகவே தொடி அச்சின் திசையைக் கையினால் மாற்ற இயலும். தொடக்கத் துக்கும், வேகக்கட்டுப்பாட்டுக்கும், ஓடும் திசை மாற்றத்திற்கும், தொடி அச்சினைச் சுற்றுதல் பயன்படுகிறது.

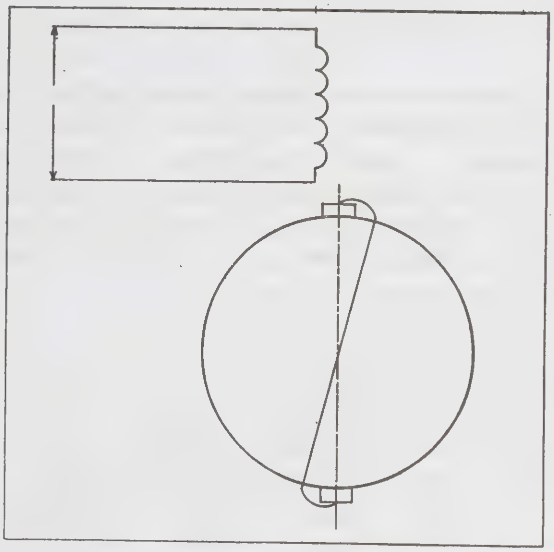
மிகை மறிப்பு இருப்பு (high impedance position) தொடி அச்சு நிலையகச் சுருணையின் அச்சுக்குக் குறுக்காக வைக்கப்படுகிறது. இந்நிலையில் சுற்றகம் ஒரு கிடை அச்சு (horizontal axis) கொண்ட வரிச் சுருள் (solenoid) போல் செயல்படுகிறது. நிலையகச்



படம் 3. மிகை மறிப்பு இருப்பு

சுருணையும், சுற்றகச் சுருணையும் செங்குத்துக் கோணத்தில் அமைவதால் பிறிதின் தூண்டல் (mutual inductance) சுழியாகிறது. தொடிகளுக்கு இடையில் மின் இயக்கு விசை தோன்றாததால், மின் னோட்டமும் சுற்றகத்தில் ஏற்படுவதில்லை. நிலை யகத்தின் சுருணை அதிக மறிப்பு உள்ள சுருணை போல் செயல்பட்டு, குறைந்த மின்னோட்டமே நிலையகத்தில் ஓடுகிறது. சுற்றகத்தில் மின்ஓட்டம் இன்மையால் திருக்கம் ஏற்படுவதில்லை. குறைந்த மின்னோட்டம் இருப்பதால் இந்நிலையினை மின் னோடியின் தொடக்க நிலையாகப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு மின்மாற்றி தனது இரண்டாம் சுருணையில் (secondary winding) மின்சுமை இல்லாதபோது செயல்படுவதுபோல் இங்கு நிலையகத்தின் சுருணை செயல்படும்.

குறை மறிப்பு இருப்பு (low impedance position). நிலையகச் சுருணையின் அச்சும் சுற்றகத்தின் தொடி அச்சும் ஒரேநேர்கோட்டில் வரும்படித் தொடி அச்சைச் சுழற்றினால், குறைமறிப்பு இருப்புக் கிட்டுகிறது (படம்4). மின்மாற்றியில் மின் இயக்குவிசை தூண்டப் படுவது போல் சுற்றகத்தில் மின் இயக்கு விசை தூண்டப்பட்டு, மிகையான மின்னோட்டம் தொடி மூலம் ஓடுகிறது. ஆகவே நிலையகத்தின் சுருணை யிலும் அதிக மின்னோட்டம் ஏற்படும். ஆகவே இவ்விருப்பைக் குறைமறிப்பு இருப்பு எனலாம். ஆயினும் நிலையக மின்புலமும்; சுழலக மின்புலமும் உருக்குலைவு நிகழாமல் நேருக்குநேர் அமைந்திருப்ப தால் திருக்கம் ஏற்படாது. மின்னோடி இப்போது துணைச்சுருணை குறுக்கிணைந்த ஒரு மின்மாற்றி

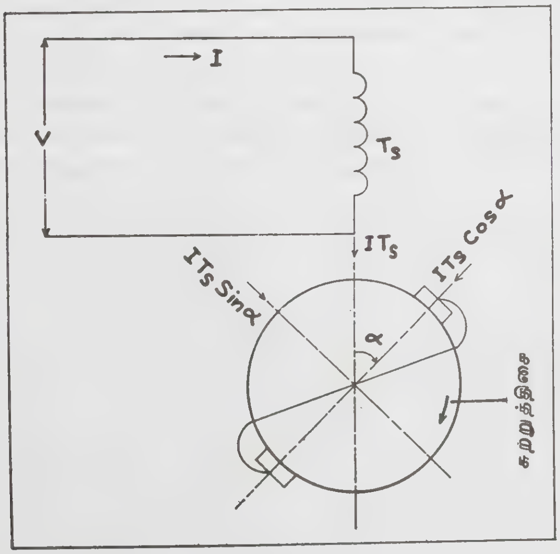


படம் 4. குறை மறிப்பு இருப்பு

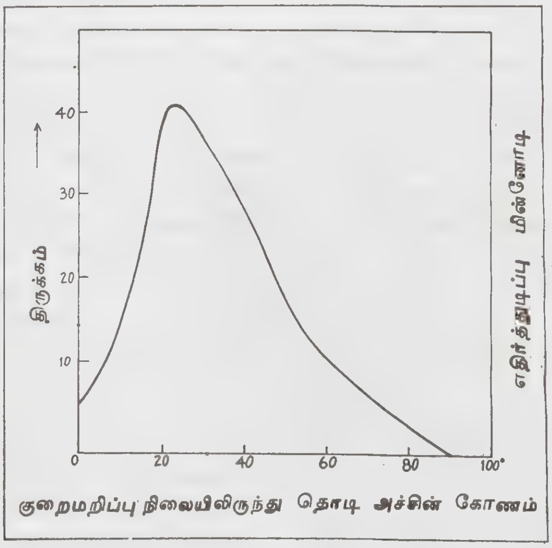
போல் மின்னோடி செயல்படுகிறது. திருக்கம் ஏற் படாததால் மின்னோடி இயங்காது.

ஓடும் இருப்பு (running position). மேற்கூறிய இரண்டு இருப்புகளுக்கும் இடையில் தொடி அச்சினைக் கொணர்ந்தால், சுற்றகத்தில் மின்விசை தூண்டப்படுகிறது. மின்னோட்டம் தொடி மூலம் ஓடி திருக்கம் உண்டாகி, மின்னோடி ஓடும் தொடி அச்சுக்கும் நிலையகச் சுருணையின் அச்சுக்கும் உள்ள கோணம் α எனக் கொண்டால் (படம் 5), I ஆம்பியர் மின்ஓட்டம் Ts எண்ணிக்கை உள்ள சுற்றுக் களில் ஓடும்போது ITs அளவு காந்தவிசை (mmf) உண்டாகும். இதைத் தொடி அச்சில் ITs $\cos\alpha$ என்றும், அதற்குக் குறுக்கு அச்சில் ITs $\sin\alpha$ என்றும் பகுக்கலாம். ITs $\cos\alpha$ காந்தப்புலத்தினால் சுற்ற கத்தில் மின்விசை தூண்டப்பட்டு மின் ஓட்டம் ஓடுகிறது. இதனால் ஏற்படும் மின் புலம், ITs மின் புலத்துடன் இடைவினை புரிந்து திருக்கம் உண்டாக்கு கிறது. ஆகவே மின்னோடி ஓடுகிறது. மின்னோடி சுற்றும் திசை படம் 5இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ITs என்ற காந்தவிசையும், ITs $\cos\alpha$ என்ற காந்தவிசையும் ஒரே திசையில் இருப்பதால் இரண்டும் வடக்கு முனைகள் எனக் கொள்ளலாம். இவை ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கும். ஆகவே மின்னோடி ஓடும் திருக்கம் பெற்று காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் ஓடுகிறது. மின்னோடி யைத் தொடக்கிவைக்க, மிகை மறிப்பு இருப்பில் முதலில் தொடி அச்சு வைக்கப்படுகிறது. பின்தொடி அச்சு, கடிகார எதிர்த்திசையில் சுற்றப்பட்டு, (படம் 5) ஓடும் நிலைக்கு வருகிறது. மின்னோடி, கடிகாரத் திசையில் சுற்றுகிறது. தொடி அச்சின் சுழற்சிக்கு எதிர்த்திசையில் மின்னோடி ஓடுவதால் இது எதிர்த் துடிப்பு மின்னோடி என்று பெயர் பெற்றது. வேகக் கட்டுப்பாடு பெற, α-கோணத்தை மாற்ற வேண்டும், ஓடும் திசையினை மாற்ற, தொடி அச்சை மிகை மறிப்பு இருப்பிலிருந்து கடிகாரத் திசையில் சுழற்ற வேண்டும். மின்னோடி இப்போது, கடிகார எதிர்த் திசையில் சுழலும். இவ்வாறாகத் தொடக்கம், கட்டுப் பாடு, திசைத் திருப்பம் இவை யாவும் எளிதில் தொடி அச்சின் நிலை மாற்றம் பெற இயலும்.

தொடி அச்சின் நிலைக்கும் திருக்கத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைப் படம்-6 விளக்குகிறது. பொது வாக $\alpha = 15^\circ$ முதல் 40° வரை அதிக திருக்கம் ஏற்படுகிறது.



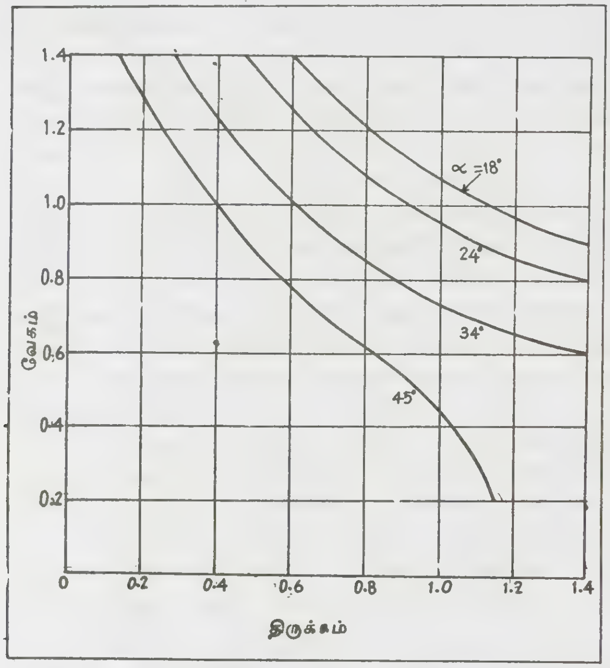
படம் 5. ஓடும் இருப்பு



படம் 6. தொடி அச்சு நிலையும், திருக்கமும்

எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடியின் திருக்கவேகச் சிறப்பியல்புகள் படம் 7இல் வரையப்பட்டுள்ளன.

நான்கு வெவ்வேறு α கோணங்களுக்குத் திருக்கவேக வளைகோடுகள் இப்படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவை ஏறத்தாழ தொடர்புல மின்னோடியின் திருக்க - வேகச் சிறப்பியல்புகள் போல் இருப்பதைக் காணலாம்.



படம் 7. வேக-திருக்கச் சிறப்பியல்புகள்

எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடி மாறு மின்னோட்டத் தொடர் புல மின்னோடியை விட மின்சாரப் புகை வண்டிக்குச் சிறந்ததுஅன்று,ஏனெனில் குறைந்தஅளவு வேகமாறுபாட்டைத் தான் எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடியில் பெறஇயலும். முத்தறுவாய் உள்தருகை கிடைக்காத தொழிற்சாலைகளில் இவ்வகை மின்னோடிகள் பயன்படும். பளுதூக்கிகள், உயரம் தூக்கிகள், அழுத்திகள் போன்ற கருவிகளுக்கு மின்னோடியின் மிகு தொடக்கத்திருக்கம் பயனளிக்கிறது. தொடர்புல மின்னோடியைவிட இத்தகைய கருவிகளில் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னோடி ஒத்தியங்கு வேகத்திலோ அதை ஒட்டிய வேகத்திலோ ஓடும்போது அதன் மின்திரட்டி செவ்வனே செயல்படுகிறது. ஆகவே தொடர்புல மின்னோடியை விட மிகு திறன் கொண்ட மின்னோடிகள் 50Hz - 60Hz அலைவெண்ணுக்குச் செய்ய முடியும். தொடி அச்சின் நிலையினை எளிதில் மாற்றுவதன் மூலமாகவே, தொடங்கவும், வேகக் கட்டுப்பாடு செய்யவும், ஓடும் திசையை மாற்றவும் முடிவது இந்த் மின்னோடியின் சிறப்புத் தன்மையாகும்.

- ப. இளங்கோ

எதிர்ப் பருப்பொருள்

எதிர்த்துகள்களாலான பொருளுக்கு எதிர்ப் பருப்பொருள் (antimatter) என்று பெயர். எதிர்ப் பருப்பொருளைப் பற்றிய அடிப்படை வளர்வதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உண்டு. அவை எதிர்த் துகள்கள் பல கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளமையும் கொள்கையளவில் எதிர்த்துகள்களாலான அணுக்கள் இருக்கும் வாய்ப்பு உள்ளமையும் ஆகும்.

சாதாரணமாகப் பருப்பொருள்கள் அணுக் கட்டமைப்பை உடையவை. ஓர் அணு நேர் மின்னூட்டம் பொருந்திய புரோட்டான்களையும் மின்னூட்டமற்ற நியூட்ரான்களையும் கொண்ட கனமான ஓர் உட்கருவினையும் அதனைச் சுற்றி இலேசான எதிர் மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்டது. எனவே எதிர்ப் பருப் பொருள்கள் எதிர்ப் புரோட்டான்களையும் எதிர் நியூட்ரான்களையும் கொண்ட ஓர் உட்கருவினையும் அதைச் சுற்றி நேர் மின்னூட்டம் பொருந்திய எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்டவையாக இருக்கும்.

டிராக்கொள்கை. எதிர்த்துகளைக் கொண்ட அணுக்கட்டமைப்பும் அதனை உள்ளடக்கிய எதிர்ப் பருப்பொருளும் மின்னூட்டங்களின் சமச்சீர் பண்பை ஒட்டிக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவையல்ல. சார்பியல் கொள்கைக்கேற்பக் குவாண்டம் கொள்கையை அமைக்க முனைந்ததன் விளைவே இது. 1928இல் டிராக் என்பார் சில நிபந்தனைகளுக்குட் பட்டு இவ்விரு கொள்கையினையும் இணைத்தார். அவர் உருவாக்கிய சமன்பாடுகளின்படி குறை ஆற்றல் உடைய எலெக்ட்ரான்கள் இருக்க வேண்டும். இதற்கு விளக்கமளிக்க முனைந்த அவர் எலெக்ட் ரான்களுக்கு எண்ணிக்கையற்ற மிகை மற்றும் குறை ஆற்றல் படி நிலைகள் உள்ளன என்றும், குறை ஓய்வு நிறை ஆற்றலுக்கும் மிகை ஓய்வு நிறை ஆற்ற லுக்குமிடையே ஒரு தவிர்க்கப்பட்ட பகுதி உள்ளது என்றும் எலெக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் அதன் இயக்க ஆற்றலையும் ஓய்வு நிறை ஆற்றலையும் கூட்டிய தொகைக்குச் சமம் என்றும் தெரிவித்தார். எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் மிகக் குறைந்த ஆற்றல் படியை அடையுமாதலால், குறை ஆற்றல் படிகள் சாதாரணமாக எலெக்ட்ரான்களால் நிரப் பப்பட்டிருக்கும். குறை ஆற்றல் படிநிலையிலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்குத் தவிர்க்கப்பட்ட பகுதியைக் கடக்குமளவிற்கு ஆற்றல் கொடுக்கப்பட்டால் அவை மிகை ஆற்றல் படிநிலைகளை அடைந்து தன்னிச்சையாகச் செயல்படும். அப்பொழுது குறை ஆற்றல் படிநிலைகளில் விடுபட்ட எலெக்ட்ரான்களால் ஏற் பட்ட வெற்றிடங்கள் அல்லது துளைகளிருக்கும். அத் துளைகளை நிரப்ப அடுத்திருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் வரும்போது துளைகள் எதிர்த்திசையில் நகர்வதாக

உணரலாம். அத்துளைகளுக்கு நேர்மின்னூட்டத்துடன் கூடிய எலெக்ட்ரான்களின் எல்லாத் தன்மைகளும் இருக்கும். இத்துளைகளை நேர் எலெக்ட்ரான்களாக, அதாவது பாசிட்ரான்களாகக் கருதலாம்.

எதிர்த்துகள்கள். டிராக்கின் பாசிட்ரானை 1932-இல் C,D, ஆண்டர்சன் தம்முடைய முகில் அறைக் கருவி மூலம் கண்டார். இவ்வாறே எதிர்ப் புரோட்டானும் எதிர் நியூட்ரானும் இருக்கின்றனவா என்பதற்கு டிராக்கின் கொள்கையில் விளக்கமில்லை. ஆனால் இந்த ஐயப்பாடு 1955-இல் ஓவன் சேம்பர்லைன் முதலாக மூவர் பெர்க்லின் பிவாட்ரான் முடுக்கி மூலம் எதிர்ப் புரோட்டான்களைக் கண்டுபிடித்ததன் விளைவாகத் தீர்ந்தது. பிவாட்ரான் கருவி கொண்டு பின்னர் எதிர் நியூட்ரான்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

துகள் எதிர்த்துகள் அழிவு. ஒரு துகளும் அதன் எதிர்த்துகளும் இணையும்பொழுது அவை ஒன்றையொன்று அழித்துக்கொள்ளும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு பாசிட்ரான் அதன் எதிர்த்துகளான எலெக்ட்ரானுடன் இணையும்பொழுது அவை இரண்டும் மறைந்து, இரண்டு காமாக்-கதிர்கள் எதிரெதிர்த் திசைகளில் வெளிப்படுகின்றன. இக்கதிர்கள் எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரானின் ஓய்வுநிலை ஆற்றலைப் பங்கிட்டுக் கொள்கின்றன. புரோட்டான் எதிர்ப் புரோட்டான் ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொள்ளும்பொழுது மெசான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இந்த மெசான்கள் விரைவில் எலெக்ட்ரான்களாகவும், பாசிட்ரான்களாகவும் நிறையற்ற நியூட்ரினோக்களாகவும், α-கதிர்களாகவும் சிதைகின்றன.

புவியில் ஒரு கிராம் பருப்பொருளும் ஒரு கிராம் எதிர்ப் பருப்பொருளும் ஒன்றையொன்று அழித்து 5×10^7 கிலோ வாட் மணி ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும்.

துகளுக்கும் எதிர்த்துகளுக்குமிடையே உள்ள பிற வேறுபாடுகள். இதுவரை துகளுக்கும் மற்ற துகளுக்குமிடையே மின்னூட்ட வேறுபாடு மட்டும் காட்டப்பட்டது. இதைத்தவிர பிற வேறுபாடுகளும் உள்ளன. நியூட்ரானுக்கும் எதிர் நியூட்ரானுக்கும் மின்னூட்டமில்லாத போதும் நியூட்ரானின் தற்சுழற்சியுடன் கூடிய காந்தத் திருப்புதிறன் அல்லது காந்த விளைவு அதன் எதிர்த்துகளுக்கு உள்ளது போலில்லாமல் எதிர்மாறாக உள்ளது. மெசான், ஹைபரான் போன்ற பிற துகள்களும் அவற்றின் எதிர்த்துகளிலிருந்து சில தன்மைகளில் மாறுபட்டு உள்ளன.

எதிர்ப் பருப்பொருளின் கட்டமைப்பு. பேரண்டத்தில் இயல்பாகக் காணப்படாத எதிர்ப்புரோட்டான்களும் பாசிட்ரான்களும் நிலையற்றனவாகவும் மெய்யற்றனவாகவும் தோன்றினாலும் அவை உண்மையில் அவற்றின் எதிர்த்துகள்கள் போன்று வாழ்வு நேரமும், நிலைத்தன்மையும் உடையவை. அண்டவெளியில் சாதாரண பருப்பொருள் போன்று எதிர்ப் பருப்பொருள்கள் கணக்கற்ற அளவில் இல்லை என்பதற்கான காரணம் இன்னும் தெரியவில்லை. ஆனால் எதிர்ப் பருப்பொருள்களை மட்டும் கொண்ட அண்டவெளியில் இயல்பான பருப்பொருளும் இவ்வாறே குறைவாகக் காணப்படும் என்பதில் ஐயமில்லை. மேலும் இடவலப் பரிமாற்றமுடைய சில சிறப்பு ஆய்வுகள் தவிர மற்ற எல்லாவற்றிற்கும் பருப்பொருளுக்கான இயற்பியல், வேதியியல் விதிகள் எதிர்ப்பருப் பொருள்களுக்கும் பொருந்தும்.

தனித்தனியான எதிர்த்துகள்களின் கண்டுபிடிப்பைத் தவிர எதிர்ப் பருப்பொருளுக்கான இரண்டு கட்டமைப்புகள் தயாரிக்கப்பட்டு ஆராயப்பட்டன. அவற்றில் ஒன்று பாசிட்ரானையும் எலெக்ட்ரானையும் உள்ளடக்கிய பாசிட்ரானியம் என்ற குறைந்த ஆயுள் உள்ள ஓர் அணுவாகும். இப்பாசிட்ரானியத்திலும் இரண்டு துகள்களும் சம நிறை கொண்டுள்ளமையால், அது ஹைட்ரஜனின்று மாறுபட்டது. எதிர் நியூட்ரானையும், எதிர்ப் புரோட்டானையும் கொண்ட எதிர் டியூட்ரியம் அணுக்கரு ஒன்றும் உயர் ஆற்றல் ஆய்வு மூலம் காணப்படுகிறது.

- சீ. ராஜன்

நூலோதி. P.C.W. Davies, *The Forces of Nature*, Cambridge University Press, 1979.

எதிர்ப்பு, காந்த

மின் சுற்றில் மின் தடை ஏற்படுவது போல, காந்தச் சுற்றிலும் எதிர்ப்பு உண்டு. காந்தப் பாயத்தின் (magnetic flux) ஒவ்வொரு கோடும் ஒரு மூடிய பாதையாகும். நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட மூடிய பாதையில் மட்டுமே காந்தப்பாயம் இருப்பின் அங்கு காந்தச் சுற்று இருக்கும். அப்பாதையிலிருந்து பிரிந்து செல்லும் காந்தப்பாயம், காந்தப்பாயக் கசிவு (flux leakage) எனப்படுகிறது. காந்தப்புலம் Hஇல் ஏதாவது ஒரு மூடிய சுற்றின் நீளம் lஎனில், பாதையின் காந்தச் செலுத்துவிசை பாதையைச் சுற்றிய கோட்டுத் தொகுப்பு HCosαdl ஆகும்.

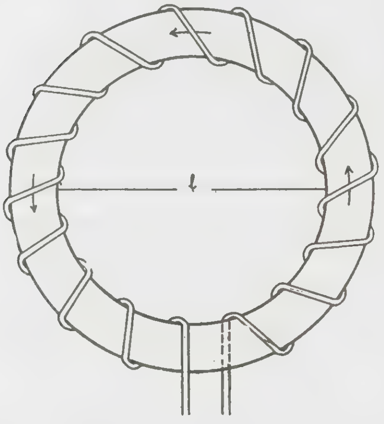
இங்கு α- என்பது பாதைக்கும் காந்தப்புலத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம். காந்தப்பாயம் ϕ எனில் காந்தச் செலுத்துவிசை (mmF) = $\oint$ Hcosαdl ஆகும். ஒவ்வொரு கடத்தியிலும் I மின்னோட்டம் கொண்ட N கடத்திகளைக் காந்தப் பாதை இணைப்பின், காந்தச் செலுத்துவிசை NI = $\oint$ Hcosαdl ஆகும்.

படத்தில் காண்பது போன்ற நெருங்கிய சுற்றுக்கள் உள்ள வளையத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இவ்வமைப்பில் காந்தப்புலம் அநேகமாக வளையச் சுற்றில் உட்புறமாக இருக்கும். அங்கு காந்த வலிமை அடர்த்தி அல்லது காந்தத் தூண்டல் $B = \frac{NI}{l}$ இங்கு l என்பது வளையத்தின் சராசரி சுற்றளவு, M என்பது காந்த எதிர்ப்புத்தன்மை. வளையத்தின் குறுக்குப்பரப்பு A இல் காந்தப்பாயம்

$$\phi = BA = \frac{\mu ANI}{l} = \frac{NI}{l/\mu A}$$

$$\phi = \frac{\text{காந்தச் செலுத்து விசை}}{\text{காந்த எதிர்ப்பு (R)}}$$



படம்.

காந்தச் சுற்றில் உண்மையாக எதுவும் செல்ல வில்லை என்றாலும் இச்சமன்பாட்டின் வடிவம் மின்சுற்றின் சமன்பாடு போலவே உள்ளது. $l/\mu A$ என்பது காந்தச்சுற்றின் காந்த எதிர்ப்பு எனப்படு கிறது. மாறுபடும் காந்தப் பாய அடர்த்தியின் காந்த எதிர்ப்புத்தன்மை வேறுபடுவதால் காந்த எதிர்ப்பு மாறிலி அன்று. காந்தச் செலுத்துவிசை ஆம்பியர்-சுற்றாகவும் காந்தப்பாயம் வெப்பர் ஆகவும் இருப்பின், காந்த எதிர்ப்பின் அலகு ஆம்பியர் சுற்று/ வெப்பர் என்பதைக் காந்த எதிர்ப்பினை வரை யறுக்கும் சமன்பாட்டிலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம்.

தொடர் காந்த எதிர்ப்பு. சாதாரண வளையத்தில் காந்தச் சுற்றின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் காந்த எதிர்ப்புத் தன்மை μயும் குறுக்குப் பரப்பு A-யும் ஒரே அளவில் உள்ளன. சிக்கலான காந்தச் சுற்று களில் குறுக்குப் பரப்பு அல்லது காந்த எதிர்ப்புத் தன்மை அல்லது இரண்டும் மாறுபடலாம். வளையக், கடத்தியை அறுத்து ஒரு சிறு இடைவெளி ஏற்படுத் துவதாகக் கொள்ளலாம். இந்த சிறு இடைவெளியில் காந்தவலிமை சிதறி வெளிப்படும். இடைவெளியின் குறுக்குப்பரப்பும், வளையக் கடத்தியின் குறுக்குப்பரப் பும் ஏறத்தாழ சமம் எனக் கருதலாம். பின்பு காந்தப் பாதை இரு பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. வளையக் கடத்தி l நீளமும்; காந்த எதிர்ப்பு R ம் கொண் டுள்ளது. காற்று இடைவெளி l_2 நீளமும், காந்த எதிர்ப்பு $\frac{l_2}{\mu_2 A}$ ம் கொண்டுள்ளது. வளையக் கடத்தி, காற்று இடைவெளி ஆகிய இரண்டிலும் ஒரே விதக் காந்தப்பாயம் இருப்பதால், இது ஒரு தொடர் சுற்று எனக் கருதப்படுகிறது.

$$\text{இங்கு } R = R_1 + R_2 = \frac{l_1}{\mu_1 A} + \frac{l_2}{\mu_2 A}$$

இரும்பு காந்தக் கடத்தியின் சார்பு காந்த எதிர்ப்புத்தன்மை காற்றின் காந்த எதிர்ப்புத் தன்மையை விடப் பல நூறு அல்லது பல ஆயிரம் மடங்கு அதிகம் என்பதால், சிறிய இடைவெளியின் காந்த எதிர்ப்பு அதிக நீளமுள்ள கடத்தியின் காந்த எதிர்ப்பைவிடப் பல மடங்கு அதிகமாகும், எவ்வித மான காந்தப்பாதைகளும் கலந்து தொடரில் இருப்பின் பின்பு

$$\phi = \frac{\text{காந்தச் செலுத்துவிசை}}{\Sigma R} = \frac{\text{காந்தச் செலுத்துவிசை}}{\Sigma \frac{l}{\mu A}}$$

பக்கக் காந்த எதிர்ப்பு. காந்தச் சுற்றுப் பகுதியின் காந்த வலிமை பிரிந்தால் அங்கு ஒரு பக்கக் காந்தச் சுற்று ஏற்படுகிறது. பக்க மின் சுற்றில் உள்ள மின் தடைகளிடையே உள்ள சார்பு போன்றே, காந்தச் சுற்றின் காந்த எதிர்ப்பு அதன் பகுதிகளின் காந்த எதிர்ப்புகளுடன் சார்பு கொண்டுள்ளது. அதாவது.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \dots$$

காந்த எதிர்ப்பு மின்னோடி (reluctance motor) **அல்லது ஒத்தியக்க மின்னோடி** (synchronous motor). தூண்டல் மின்னோடி போன்று சுழல ஆரம்பிக்கும் ஒத்தியக்க மின்னோடி அதன் முழு வேகம் நெருங்கிய வுடன் சுழலும் காந்தப் புலத்துடன் பிணைக்கப்பட்டு இசைவு வேகத்தில் சுழல்கிறது. இதன் நிலைத் தொகுப்பும், நிலைத் தொகுப்புச் சுருணைகளும் தூண்டல் மின்னோடியின் சுருணைகளைப் போலவே உள்ளன. தூண்டல் மின்னோடி போலச் சுற்ற ஆரம்பிக்க மின்னோடித் தொகுப்பு அணில் - கூடு கட்டுமானத்தைக் கொண்டுள்ளது. முழுவேகத்தில் இசைவு நிலை பெறச் சிறப்புத் துருவங்கள் நீட்டிக் கொண்டுள்ளன. மின்னோடியின் திறம் முதன்மைத் தேவையாக இல்லாமல் குறைந்த விலை, கட்டுமான எளிமை ஆகியவை எங்கு முதன்மைத் தேவையாக உள்ளனவோ அங்கு காந்த எதிர்ப்பு மின்னோடி சிறிய அளவுகளில் பயன்படுகிறது. அது பலதறுவா

யாகவும் இருக்கலாம். ஆயினும், மின்னோடி தொடங்குவதற்குப் பிரிக்கப்பட்ட தறுவாய்ச் சுற்று கொண்ட ஒற்றைத் தறுவாய் மின்னோடிகளே (single phase) பெரும்பாலும் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

- ஆர். நடராஜன்

எதிர்ப்புத்திறன் வகை

நோய் தாக்காத எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகளைப் (types of resistence) பயிரிடுதல் ஒரு சிறப்பு முறையாகும். இயற்கையில் நோய் எதிர்ப்புத் திறன் கொண்ட வகைகள், பெரும்பாலும் உயர் விளைச்சல் தருவனவாக இருப்பதில்லை. பெரும்பாலும் காட்டுத்தாவரங்கள் எதிர்ப்புத் திறன் மிக்கவையாக உள்ளன. ஆனால் அவற்றில் உயர் விளைச்சல் திறன் இருப்பதில்லை. எனவே நோய் எதிர்ப்புத்திறனும் உயர் விளைச்சல் திறனும் கொண்ட பயிரை உருவாக்க வேண்டும். உயர் விளைச்சல் திறனும் எளிதில் நோயினால் பாதிக்கப்படும் இயல்பும் கொண்ட வகைகளை ஒட்டுச் சேர்த்து எதிர்ப்புத்திறனும் கூடுதல் விளைவும் கொண்ட வகைகளைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

எதிர்ப்புத்திறனைப் பெருக்குவதில் விரைவு மாற்ற முறையும் ஒன்றாகும். இதற்கு வேதிப் பொருள்களையோ கதிரியக்க நுணுக்க முறையையோ பயன்படுத்தலாம். இம்முறைகளால் ஜீன் மாற்றம் ஏற்படுவதால் நோய்க்கு எதிர்ப்புத் திறன் ஏற்படலாம். சிறப்புத் தேர்வு முறையில் உயர் விளைச்சல் தரும் நோய்க்கு எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகள் வயல் வெளியில் இயற்கையாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன. பல்வேறு நோய்கள் தாக்காத எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட ஒரு வகையை உருவாக்க இயலாவிடினும் மிகப் பேரழிவினைச் சேர்க்கும் ஒருசில நோய்கள் தாக்காத உயர்வளவகையை உருவாக்க முனைதல் வேண்டும். இத்துடன் பயிர் நோயினை எதிர்த்து நிற்க ஏற்ற வழிமுறைகள் பயனளிக்கும்.

நல்ல முறையில் உரங்கள் அளிக்கப்பட்ட பயிர்கள் நல்ல வலிவுடன் வளர்ந்து நோயினால் மிகுதியாகத் தாக்கப்படாமல் ஓரளவு எதிர்ப்புத்திறனைப் பெறுகின்றன. நோய் தோன்றுவதற்கு ஏற்ற காலநிலையில் பயிரிடாமல், பயிரிடும் காலத்தை மாற்றியமைத்துப் பயிரிட்டால் நோய் வாராமல் காக்கலாம். ஆயினும் இவ்வாறான மறைமுக வழிகளால் நோய்கள் தாக்காமல் பயிர்கள் வளரும் நிலை நிலையானதன்று. இதைவிட நோய் தாக்காத எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகளை உருவாக்கும் பணி சிறந்ததாகும். பலமுறைகளைப் பயன்படுத்தி நோய்களுக்கு எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

நச்சுயிரி நோய்களுக்கு எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகளை விலக்குப் பெற்றவை, மிகுவுணர்வுள்ளவை, தாங்கும் திறன் பெற்றவை, தப்பிப்பவை என நான்கு பிரிவுகளில் அடக்கலாம்.

விலக்குப்பெற்றவை. யு. எஸ். டி. ஏ. 41956 என்ற உருளைக்கிழங்கு வகை மிதத் தேமல் நோய் தாக்காத வகையாகும். மிளகாய் பி. 11. என்ற வகையில் இலை நரம்பு கருத்தல் நச்சுயிரி தோன்றுவதில்லை. சொலானம் இனத் தாவரங்களில் இலை நரம்பு கருத்தல் நச்சுயிரி தோன்றுவதில்லை.

மிகுவுணர்வுள்ளவை. மிகுவுணர்வுத்திறன் பெற்ற செடிகள் நோய்க் காரணியால் தாக்கமுற்றால் அப்பகுதியில் உள்ள திசுவறைகள் மட்டும் காய்ந்துவிடும். அதே நேரத்தில் பெரும்பாலான செடிகளில் நோய்க் காரணிகளும் செயலிழந்து விடும். அவ்வாறு காய்ந்த பகுதிகளிலிருந்து பிற பகுதிகளுக்கு நோய் பரவுவதில்லை. இவ்விளைவைப் புகையிலைத் தேமல் நச்சுயிரிச் சாற்றை நிகோடியானா குளுட்டினோசா இலைகளில் தடவி வெளிப்படுத்தலாம். நச்சுயிரிச் சாற்றைத் தடவிய இலைகளில் தனி இடம் சார்ந்த புள்ளிகள் ஏற்படுகின்றன. அப்புள்ளிகளில் உள்ள திசுக்கள் காய்ந்துவிடுவதோடு நச்சுயிரியும் காய்ந்த பகுதியுடன் மட்டுமே தொடர்பு கொண்டுள்ளது; பிற பகுதிகளுக்குப் பரவுவதில்லை. மிகுவுணர்வுத்திறன் பெற்றவை நிலத்தில் நோய் தோன்றுதலிலிருந்து விலக்குப் பெற்றவை எனக் கருதப்படுகின்றன.

தாங்கும் திறன் பெற்றவை. இவ்வகைச் செடிகள் நோய்களால் தாக்கப்பட்டாலும் நோயின் அறிகுறிகளை வெளிக்காட்டாமல் உள்ளேயே தேக்கி வைத்திருக்கும் திறம் பெற்றவை. தாக்கப்பட்ட செடிகள் முழுதுமே அறிகுறிகளை வெளிக்காட்டாமல் இருக்கலாம் அல்லது சிறிதளவு அறிகுறிகளை மட்டும் வெளிப்படுத்தி நிற்கும் திறன் பெற்றவையாகவும் இருக்கலாம். நோயின் அறிகுறிகளை வெளிப்படுத்தாத செடிகளால் பேரிழப்பு ஏற்பட வாய்ப்புண்டு; ஏனெனில் நோயின் அறிகுறி வெளிப்படாததால் அவ்வாறான செடிகளைக் களைந்தெறிய இயலாது. எனவே நச்சுயிரிகள் பிற செடிகளுக்கும் இவற்றிலிருந்து பரவலாம்.

தப்பிப்பவை. சிலவகைச் செடிகள் நச்சுயிரி நோயினால் தாக்கமுறாமல் உள்ளன. ஆயினும் இச்செடிகளில் பெரும்பாலும் செயற்கை முறையில் நச்சுயிரி நோயைத் தோற்றுவிக்க முடியும். இவ்வாறு இயற்கையில் நோய் தோன்றாமல்தப்பிக்கும் இயல்பு ஒவ்வொரு வகைச் செடிக்கும் நச்சுயிரிக்கும் ஏற்றவாறு வேறுபடும். நோய்பரப்பும் பூச்சிகள் சில செடிகளை உண்பதில்லை. எனவே அச்செடிகளில் நோய்

நோய்களுக்கு எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைக்ள்

பயிர்	நோய்	எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகள்
நெல்	சூலைநோய்	கோ. 4., கோ. 25
	செம்புள்ளி நோய்	கோ. 20. எஸ். ஆர். 26பி, பி ஏ எம் 10.
	தூர் அழுகல்	கோ. 18, கோ. 22, ஏ. டீ. டி 8, பிடிபி. 7, ஜி. இ. பி. 24
	தண்டழுகல்	பாசுமதி 3, பாசுமதி 370
கோதுமை	உதிரிக்கரிப்பூட்டை	என். பி. 729, என். பி. 791 என். பி. 823
கரும்பு	செவ்வழுகல் கரிப்பூட்டை	கோ. 449. கோ. 846 கோ. 1214, கோ. 1261 கோ. 449, கோ. 527
உருளைக்கிழங்கு	பின்இலைக்கருகல்	குப்ரி கிசான், குப்ரி சிவப்பு, குப்ரி நீலம்.

தோன்றுவதில்லை. உருளைக் கிழங்கு வகைகளில் செக்கோயா என்னும் வகையை இலை உருள்வு நோயைப் பரப்பும் அசுவினிகள் விரும்புவதில்லை. எனவே அவ்வகை இலை உருள்வு நோயற்றுக் காணப்படுகிறது. இதே போல வெள்ளரித் தேமல் நோயைப் பரப்பும் ஏபிஸ் காசிப்பை என்ற அசுவினிகள் ஒருசில அரசாணிக்காய் வகைகளைத் தாக்குவதில்லையாதலால் அவ்வகைகளில் வெள்ளரித்தேமல் நோய் தோன்றுவதில்லை. லைக்கோபெர்சிகான் லைசன்ஸ் செடியில் கட்டுப்படுத்தும் பொருள்கள் கலந்திருப்பதால் புகையிலைத் தேமல் நச்சுயிரியால் அது தாக்கப்படுவதில்லை.

- கா. சிவப்பிரகாசம்

எதிர்ப்பொருள் (கால்நடை)

நுண்ணுயிர் தாக்குதலை முறியடிக்கும் பொருட்டு உயிரினங்களின் உடலில் எதிர்ப்பொருள்கள் (antibodies) உண்டாகின்றன, இரத்தத்தில் உள்ள வெள்ளையணுக்களே எதிர்ப்பாற்றலைத் தருகின்றன. உடலில் உள்ள எதிர்ப்பாற்றலை இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை, உடலிலேயே உள்ள எதிர்ப்பொருள் உடலில் நுழையும் நோய்க் கிருமிகளைத் தாக்கி அழிக்க வல்லது. இது முதன்மை எதிர்ப்புப் பொருள் எனப்படும்; முதன்மை எதிர்ப்பொருளை மீறி உடலில் நுழைந்த நோய்களைத் தாக்க வல்ல எதிர்ப் பொருள் இரண்டாம் வகை எதிர்ப்பொருள் எனப்படும்.

முதன்மை எதிர்ப்பாற்றல். தோல், கண்ணீர், எச்சில் இவற்றில் நோய்க் கிருமிகளைக் கொல்வதற்கான எதிர்ப்பொருள்கள் உள்ளன. தோலில் இருந்து உண்டாக்கப்படும் லைசோசைம் என்ற பொருள் பாக்டீரியாக்களைக் கொல்கிறது. கண்ணீர், நுரையீரல், குடல், கருப்பை, சிறுநீரகப் பகுதி இவற்றில் உண்டாகும் கோழைப்பொருள்கள் கிருமிகளைக் கொல்லக் கூடிய ஆற்றல் வாய்ந்தவை. இவற்றால் ஓரளவு நோய்க் கிருமிகள் அழிக்கப்படுகின்றன.

இரண்டாம் வகை எதிர்ப்பாற்றல். உடலில் நுழைந்த சில நோய்க் கிருமிகள் நச்சை உண்டாக்குகின்றன. இதனை உடனடியாக முறிக்க நச்சு எதிர்ப்பொருள் (antitoxin) உண்டாகிறது. இதனால் முதலில் உண்டாக்கப்பட்ட நச்சு முறிக்கப்படுகிறது. ஆனால் நோய்க் கிருமிகள் தொடர்ந்து வளரத் தொடங்கி உடலில் நோயை ஏற்படுத்துகின்றன. இதைத் தடுக்க உடல் எதிர்ப்பாற்றலை உண்டாக்குகிறது. இதனை இரண்டுவிதமாகப் பிரிக்கலாம். அவை நச்சு முறிவுத் தடுப்பாற்றல் பொருள், பாக்டீரியா எதிர்ப்பொருள் எனப்படும். நோய்க் கிருமிகள் உண்டாக்கக்கூடிய நச்சை சிறிதளவே உடலில் ஊசி மூலம் ஏற்றினால் அவை மிகையாகி நோய்க் கிருமிகளால் உண்டாக்கப்பட்ட நச்சை முறிக்கும். இதனால் நோய் வருவதைத் தடுக்கலாம்.

எதிர்ப்பாற்றலை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை உடலிலேயே உள்ள இயற்கை எதிர்ப்பாற்றல், வெளியிலிருந்து பெறப்படும் செயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் என்பனவாகும்.

உடலிலேயே உள்ள இயற்கை எதிர்ப்பாற்றல். இதில் ஒரு வகை, இன எதிர்ப்பாற்றல் (species immunity) எனப்படும். சான்றாக, பன்றிகளில் காணப்படும் காலரா நோய் மனிதரில் காணப்படுவதில்லை. வாய்,

கால் ஆகியவற்றில் நோய், குதிரையில் காணப்படுவதில்லை. இதன் முக்கியத்துவம் நோயை உண்டாக்கக் கூடிய நோய்க் கிருமிகளும் கால்நடைகளின் இனமும் வெவ்வேறாக உள்ளதே ஆகும்.

இன எதிர்ப்பாற்றல் (racial immunity). ஒரே இனத்திலுள்ள கால்நடைகளோ தாவரங்களோ மற்றவற்றை விட நோயைத் தாங்கக்கூடிய ஆற்றலைப் பெற்றவை. இவை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட இனப்பெருக்கத்தின் மூலம் தாமாகவே திடீர் என்று வரக்கூடியவையாகும்.

தனிப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் (individual immunity). இது ஒரு தனிப்பட்ட வரிடமோ கால்நடையிலோ உள்ள எதிர்ப்பாற்றலாகும். சான்றாக ஊர் முழுதும் காலரா நோய் கண்டிருந்தாலும் ஓரிருவர் பாதிக்கப் படுவதில்லை. அதேபோல் மாடுகளில் ஊர் முழுதும் வெக்கை நோய் கண்டிருந்தாலும் ஓரிரு மாடுகளில் அந்த நோய் காணப்படுவதில்லை.

வெளியிடத்திலிருந்து பெறப்பட்ட செயற்கை எதிர்ப் பாற்றல் (acquired immunity). இதனை வீரியம், வீரியமற்ற எதிர்ப்பாற்றல் என (active and passive immunity) இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். வீரியம் உள்ள எதிர்ப்பாற்றலை வெளியிடத்தின் மூலமாக ஒரு நோயால் பாதிக்கப்பட்டோ இந்த எதிர்ப்பாற்றலை உண்டாக்க நச்சு அல்லது வீரியமற்ற நோய் கிருமிகளைக் கொண்டோ பெற முடியும். இத்தகைய பொருள்களுக்கு எதிர்செனி (antigen) என்று பெயர். இவை மூலமாகக் கிடைக்கப் பெறும் ஆற்றல் எதிர்ப் பொருள் ஆற்றல் எனப்படும். இவ்வாறு கிடைக்கப் பெறும் எதிர்ப்பாற்றல் அதிக வீரியமிக்கதாகவும் நீண்ட நாள் நீடித்திருப்பதாகவும் இருக்கும்.

வீரியமற்ற எதிர்ப்பாற்றல். இந்த எதிர்ப்பாற்றல் ஒருவரிடமிருந்து மற்றொருவர் நேரடியாகப் பெற்றுக் கொள்வதாகும். இதனால் கிடைக்கும் எதிர்ப்பாற்றல் அந்த எதிர்ப்பொருள் உடலில் இருக்கும் வரை காணப்படும். இந்த எதிர்ப்பாற்றல் இரண்டு அல்லது மூன்று வாரம் தான் நீடிக்கும். இவ்வாற்றலைத் தாயிலிருந்து சேய் பெற்றுக்கொள்கிறது. இதே போல் இந்த எதிர்ப்பாற்றலை ஊசியின் மூலமாகவும் ஓர் உயிரினத்திற்குக் கொடுக்கலாம். சான்றாகத் தாயிலிருந்து சேய்க்குக் கிடைக்கக்கூடிய எதிர்ப்பாற்றல் ஆறு மாத காலம் வரை இருக்கும். இந்த எதிர்ப்பாற்றல் தாயினுடைய இரத்தத்தின் மூலமாகச் சேய்க்குக் டைக்கிறது. இதைச் சேயானது தாயோடு இணைந்திருக்கும் கொப்பூழ்க் கொடியின் வழியாகப் பெறுகிறது. மற்றொரு வழி குழந்தையோ கன்றுகளோ பிறந்தவுடன் தாயின் மூலமாகக் கிடைக்கும் சீம்பால் வழியாக எதிர்ப்பொருள்களை நேரடியாகப் பெறுகிறது.

இதனால் சேய் நோயினின்று ஆறு மாத காலம் வரை தன்னைக் காத்துக் கொள்ள இயலும். ஆதலால் குழந்தை அல்லது கன்று பிறந்தவுடனேயே சீம்பாலை முதல் முதலாகக் கொடுக்க வேண்டும். குழந்தை அல்லது கன்று பிறந்தவுடனே சீம்பால் கொடுத்தால், இதில் உள்ள எதிர்ப்பொருள்கள் எந்தவிதத்திலும் மாறாமல் சிறுகுடல் வழியாக உட்கவரப்படுகிறது. மேலும் குழந்தை அல்லது கன்று வயிற்றில் இருக்கும் கழிவுப் பொருள்களையும் வெளியேற்ற உதவுகிறது. குழந்தை அல்லது கன்று பிறந்தவுடன் சீம்பால் கொடுக்க இயலாதபோது, வேறு ஒரு தாயின் மூலமாகப் பெற்றுக் கொடுப்பது மிகவும் அவசியம். வீரியமற்ற எதிர்ப்புச்சக்தி மனிதன், எலி, பன்றி, வெள்ளெலி, முயல் ஆகியவற்றில் தாயினின்று சேய்க்குக் கொப்பூழ்க் கொடி மூலம் கிடைக்கிறது. குதிரை, மாடு, ஆடு, வெள்ளாடு, பன்றி, நாய், பூனை ஆகியவற்றின் சீம்பால் மூலமாக எதிர்ப்பாற்றல் தாயிடமிருந்து சேய்க்குக் கிடைக்கிறது.

ஒரு நோய் உண்டானாலோ வீரியஎதிர்ப்பொருள்கள் ஊசிமூலம் உட்செலுத்தப்பட்டாலோ அந்த நோய்க் கிருமிகளை எதிர்க்க இரத்தத்தில் எதிர்ப் பொருள்கள் உண்டாகின்றன. இவை அந்த நோய்க் கிருமிகளோடு போராடி அவை வளருவதைத் தடுப்பதோடு கிருமிகளை அழித்து நோய் வாராமல் செய்கின்றன. இரத்தத்தில் இந்த எதிர்ப்பொருள்கள் இருக்கும்வரை நோய் அறிகுறிகள் இருப்பதில்லை. எதிர்ப் பொருள் எண்டோத்தீலிய வலைப்பின்னல், நிணநீர்த் தொகுப்பு, கோழிக் குஞ்சுகளில் பர்ஸா ஃபேப்ரிசி (bursa fabrici) எலும்பு மஜ்ஜை, இரத்தப் பிளாஸ்மா ஆகியவற்றில் உற்பத்தியாகின்றன.

-பி.என். சௌரி

எதிர்ப்பொருள் (மருத்துவம்)

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில்தான் இரத்தத்திலுள்ள எதிர்ப்பொருளைப் பற்றிய உண்மைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. எதிர்செனியை (antigen) உடலில் செலுத்தியவுடன் ஊன்நீரிலும், திசு நீர்மத்திலுமுள்ள எதிர்ப் பொருளுடன்(antibody) அது இயங்கி ஒரு விளைவை ஏற்படுத்துவது உறுதி. இவ்விளைவைப் பொறுத்து எதிர்ப் பொருள்கள், ஒருங்கொட்டுப் பொருள்கள் (agglutinins) படிவப் பொருள்கள் (precipitinins) உண்டாயின. கிருமிகளின் தாக்குதலுக்குப் பின்னரோ, தடைக் காப்புறுதிக்குப் பின்னரோ, ஊனீரில் எதிர்ப் பொருள்கள் மிகுந்து காணப்படும். அத்தகைய ஊன் நீருக்குத் தடைக்காப்புறுதி நீர் என்று பெயர். தடைக் காப்புறுதி ஊன்நீரின் கூறுபாடு:

தடைக் காப்புறுதி ஊன்நீர்

- கரையும் அல்புமின்
  - நீரில் கரையும் குளோபுலின் போன்றவை
- கரையாத குளோபுலின்
  - நீரில் கரையாத உண்மைக் குளோபுலின்

1938ஆம் ஆண்டு டிஸிலியஸ், காபாட் என் போர் எதிர்ப்பொருள் காமா குளோபுலின் வகையைச் சேர்ந்தது என்று கண்டறிந்தனர். வேறு சில ஆல்ஃபா, பீட்டா வகையைச் சேர்ந்தவை. பெரும் பான்மையான எதிர்ப்பொருள்கள் 7 ஸ்வெபெர்க் அலகு (sveberg unit) வேகச் சுழற்சியின் போது படிந்து விடுகின்றன. எதிர்ப்பொருள் என்பது குளோபுலின் எதிர்ப்பொருள், மையலோமா மேக்ரோ குளோப்புலினீமியா, கிரையோ குளோபு லினீமியா ஆகியவற்றில் காணப்படும் மாறுபட்ட புரதங்கள், இயற்கையிலேயே உண்டாகும் தடைக்காப்பு குளோபுலின் அனைத்தையும் குறிக்கிறது. தடைக்காப்பு குளோபுலின்கள் பிளாஸ்மா செல்க ளாலும், நிணச்செல்களாலும் உற்பத்தி செய்யப்படு கின்றன. (தடைக்காப்பை, தடுப்பாற்றல் (Immunity) எனவும் குறிப்பிடலாம்).

ஊன்நீர் புரதத்தில் 20-25% தடைக்காப்பு குளோபுலினாக இருக்கிறது. அவை IgG, IgA, IgM, IgD, IgE எனப் பல வகைப்படும்.

ஐஜிஜி. இது தடைக்காப்பு குளோபுலின் 75% ஆகும். இது ஊன்நீரில் 6-16 மில்லி கிராம்/மில்லி லிட்டர் அளவு உள்ளது. இது இரண்டு மெல்லிய சங்கிலிகளும் இரு கனமான சங்கிலிகளும் இணைந்த வண்ணம் அமைந்துள்ளது. கனத்த சங்கிலிகளின் முனைகள் மாறும் தன்மையுள்ள பகுதி என்றும், ''மாறாப் பகுதி'' என்றும் பெயர் பெறும். இந்த மாறும் தன்மையுள்ள பகுதி, ஒவ்வோர் எதிர்ப் பொருளுக்கும் தனித்தனியே அமைந்திருக்கும். இந்தப் பகுதிதான் எதிரியுடன் ஒட்டிக் கொள்ளும் தன்மை வாய்ந்தது. ஐஜிஜி ஒன்றுதான் தாயிடமிருந்து குழந்தைக்குத் தாய்சேய் இணைப்பு (placenta) மூலம் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. வேண்டிய அளவில் கருவினால் இதை உற்பத்தி செய்ய முடிவதில்லை. இது பல விதமான தடைக்காப்புறுதிச் செயல்களாகிய நிரப்பி நிலைப்படுத்தல் (complement fixation) படிம மேற்படுத்தல் (precipitation) நச்சுப் பொருள்களையும் மிகு நுண்ணுயிர்களையும் சரிநிகராக்குதல் போன்ற வற்றில் பங்கேற்கிறது.

ஐ. ஜி. எ. IgG க்கு அடுத்த படியாக இது மிகை அளவில் (10%) காணப்படுகிறது. ஊன்நீரில் 0.6-4.2 மில்லி கிராம்/மில்லி லிட்டர் அளவு உள்ளது. இது உமிழ்நீர், கண்ணீர், சீம்பால் (colostrum) ஆகியவற்றில் மிகுதியாக உள்ளது.

ஐ.ஜி.எம். இதுவும் 5-10% அளவிலும் 0.5-2.0 மி.கிராம்/மி.லிட்டர் அளவிலும் உள்ளது, 20 வாரக் கால வளர்ச்சி நிலையிலேயே கரு இதனை உற்பத்தி செய்கிறது. இதைக் கொண்டு பிறவியிலேயே ஏற்படும் பால்வினை நோய், அம்மை, டாக்ஸோபிளாஸ் மோஸிஸ் ஆகிய நோய்களைக் கண்டறியலாம்.

ஐ.ஜி.டி. இது அமைப்பால் IgGஐ ஒத்தது. இது 3 மி. கிராம்/மி.லிட்டர் அளவு ஊன்நீரில் உள்ளது.

ஐ.ஜி.இ. இதுவும் உருவத்தில் IgG ஐப் போல் உள்ளது. ஊன்நீரில் சிறிதளவே உள்ளது. இதன் அளவு ஒவ்வாமை நோய்களான ஆஸ்துமா 'ஹே' காய்ச்சல், எக்சிமா ஆகியவற்றில் அதிகரித்துக் காணப்படுகிறது. இது மூச்சுப் பாதையிலும் உணவுப் பாதையிலும் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

IgG உடலில் உள்ள நீர்மங்களையும் IgA உடலின் தோல் மட்டத்தையும் IgM இரத்த ஓட்டத்தையும் பாதுகாத்துச் செயல்படுவதையும் IgE உடலின் ஒவ்வாமை நிலைமைக்குக் காரணமாய் இருப்பதையும் எதிர்ப் பொருள்களின் வேலைகளாகச் சுருக்கமாகக் குறிப்பிடலாம்.

தடைக்காப்பும், எதிர்செனியைப் பொறுத்து எதிர்ப் பொருள் உருவாவதும், தடைக்காப்புக்கு உட்பட்ட ஜீன்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன.

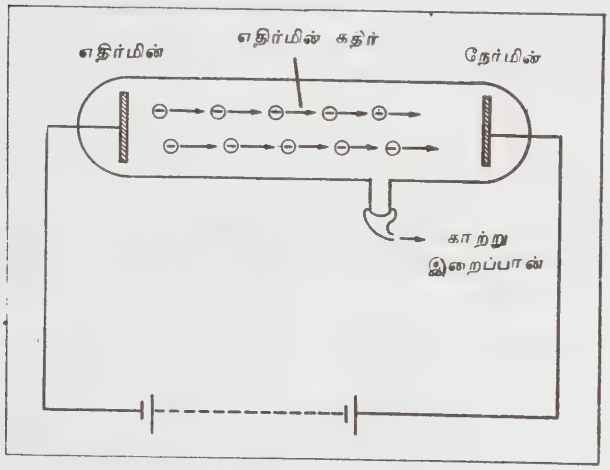
இந்த எதிர்ப் பொருள்களை உருவாக்கி உடலைக் காக்கவே தடுப்பூசிகள் போடுகின்றனர். இதனால் ஒரு குறிப்பிட்ட எதிர்செனிக்கு எதிராக முதல் நிலை விளைவும், மறுபடியும் கொடுக்கும் போது இரண்டாம் நிலை விளைவும் உண்டா கின்றன. முதல் நிலை விளைவில் எதிர்ப்பொருள் நேரம் கடந்து தோன்ற ஆரம்பிக்கும். மேலும் ஆற்றல் குறைந்தும், குறுகிய வாழ்நாள் உடைய தாகவும் விளங்குகின்றது. இரண்டாம்தர விளைவில் தோன்றும் எதிர்ப் பொருள்கள் வெகு வேகமாக உற்பத்தி செய்யப்படுவதுடன் மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்தவையாகவும், நெடுநாள் நீடித்து இருக்கக் கூடியவையாகவும் இருக்கின்றன. இந்நிலை அடையவே தடுப்பூசிகளைப் பல சிறு அளவுகளில் சில மாத இடைவெளிகளில் போடுகின்றனர்.

- சுவயம்ஜோதி

எதிர்மின் கதிர்

ஒரு குழாயில் தாழ்ந்த அழுத்தத்தில் வளிமங்களை வைத்து, அதனூடே மின்னிறக்கம் செய்யும்போது,

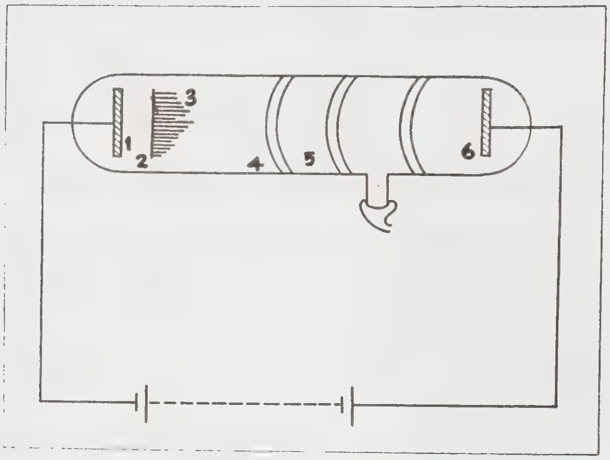
எதிர்மின் கதிர்கள் (cathode rays) தோற்றுவிக்கப் படுகின்றன. எதிர்மின் கதிர்களை உண்டாக்கும் எளிய இக்கருவிக்கு எதிர்மின் குழாய் அல்லது மின்னிறக்கக் குழாய் என்று பெயர்.



படம் 1. மின்னிறக்கக் குழாய்

மின்னிறக்கக்கண்ணாடிக் குழாயின் நீண்ட இரு முனைகளிலும் மின்முனைகள் பொருத்தப்பட் டிருக்கும். குழாயிலுள்ள ஒருபக்க வடிமுனை (tap)வழி யாக, காற்று இறைப்பானைக் கொண்டு தேவையான தாழ்ந்த அழுத்தம் உண்டாக்கப்படுகின்றது. மிகத் தாழ்ந்த அழுத்தங்களுக்கு மூலக்கூறு எக்கியைப் (molecular pump) பயன்படுத்துகின்றார்கள். மின் னிறக்கக் குழாய் செயல்படத் தேவையான உயர் மின்னழுத்தம் தக்க மின் தூண்டுச் சுருளைக் கொண்டு பெறப்படுகின்றது.

அழுத்தம் 10. செ.மீ. பாதரசம் என்றிருக்கும் போது இரு முனைகளுக்கிடையே மின்னல் போன்று தோன்றும் மின்பாய்ச்சல் காணப்படுகின்றது. அழுத்தம் குறையக் குறைய மின்னல் கொடியின் அகலம் அதிகரிக்கின்றது. அழுத்தம் 1 செ.மீ. பாத ரசம் என்ற அளவை எட்டும்போது மின்னல் ஓய்ந்து குழாய் முழுதும் ஒளிர்கின்றது. மின்னிறக்கக் குழாயில் உள்ள வளிமத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப ஒளிரும் நிறம் மாறுகிறது. காற்றானால் இளஞ்சிவப்பாகவும், நியான் என்ற வளிமமானால் அழுத்தமான சிவப் பாகவும், கார்பன் டை ஆக்சைடு ஆனால் ஊதா நிறமாகவும் இருக்கும். அழுத்தம் 3-4 செ.மீ. பாத ரசம் என்ற அளவிற்குக் குறைவுறும்போது, இந்த நேர்முனை ஒளிப்பாளம் (positive column) எதிர்முனையைவிட்டுத் தனித்துப் பிரிக்கப்பட்டு, இடையே ஓர் இருள்வெளி உருவாக்கப்படுகின்றது. இந்த இருள்வெளியைப் ஃபாரடே இருள்வெளி என்று கூறுகின்றார்கள். அப்போது எதிர்முனை ஒரு பொலிவுடன் ஒளிர்கின்றது. அழுத்தம் அதிகரிக்க, ஃபாரடே இருள்வெளி அதிகரிக்கின்றது. எதிர்முனை அழகொலி எதிர்முனையோடு பிரிக்கப் பட்டு மற்றோர் இருள்வெளி ஏற்படுகின்றது. எதிர் முனைக்கும் எதிர்முனை அழகொளிக்கும் இடைப் பட்ட இரண்டாவது இருள்வெளி குருக்ஸ் இருள்வெளி என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இப்போது நேர்மின் ஒளிப்பாளம் வரிவரியாகக் காட்சியளிக் கின்றது. (படம்-2). இன்னும் அழுத்தம் குறைக்கப் படும்போது எதிர்மின் பொலிவும், குருக்ஸ் இருள்



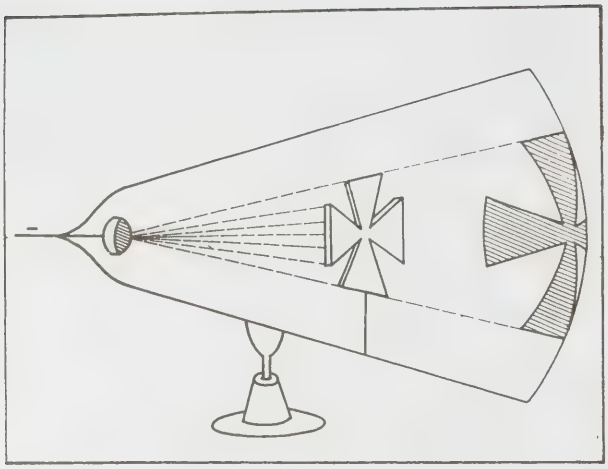
படம் 2 தாழ்ந்த அழுத்தத்தில் மின்னிறக்கக்குழாயின் தோற்றம்

1. எதிர்மின் 2. குருக்ஸ் இருள்வெளி 3. எதிர்மின் அழகொளி 4. பாரடே இருள்வெளி 5. நேர்மின்வரிவளி 6. நேர்மின்

வெளியும் விரிவடைந்து இறுதியில் மறைகின்றன. 0.01 மி. மீ பாதரசம் என்ற அளவிற்கு அழுத்தம் குறையும்போது, கண்ணுக்குப் புலனாகாத எதிர்மின் கதிர்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

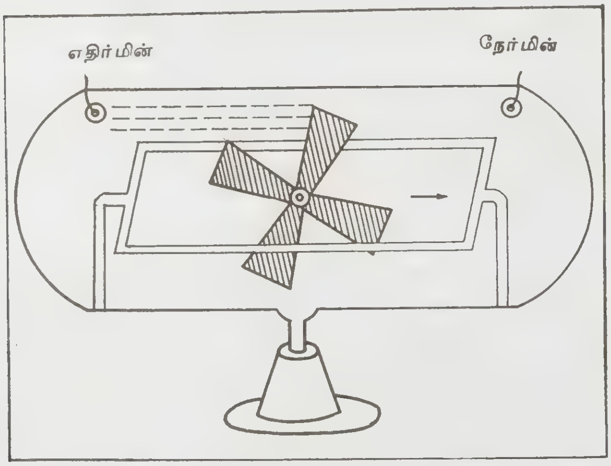
சிறப்பியல்புகள்

எதிர்மின் கதிர்கள் எதிர்முனையின் பரப்பிற்கு நேர்குத்தாக வெளிப்பட்டுச் செல்லுகின்றன. எதிர் முனை குவி ஆடிபோல அமைந்திருந்தால், எதிர்மின் கதிர்கள் அதன் குவியத்தில் குவிக்கப்படுவதிலிருந்து இதை அறிந்து கொள்ளலாம். பொதுவாக நேர் முனையின்அமைவிடம் எதிர்மின்கதிர்களின் போக்கில் அதிக மாறுதல்களை ஏற்படுத்துவதில்லை. எதிர்மின் கதிர்கள் நேர்கோட்டிலேயே செல்லும் இயல் புடையனவாக இருக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவ முடைய அலுமினிய நேர்முனையைப் பயன்படுத்த அதன் உருவத்தை ஒத்த நிழல் பின்னால் கண்ணாடிச் சுவரில் விழுவதிலிருந்து இதை மெய்ப்பிக்கலாம். (படம் 3).



படம் 3. எதிர்மின் கதிரின் நேர்கோட்டுப்பாதை

எதிர்மின் கதிரின் இயக்கப்பாதையில், தன்னிச்சையாக இயங்கக் கூடிய வகையில் பளுவற்ற மெல்லியதொரு பொருளை வைத்தால், அதன்மீது ஒரு விசை செயல்பட்டு, அப்பொருள் எதிர்முனையை விட்டு விலகிச் செல்வதற்குக் காரணமாகின்றது. இரு பாளங்களின் மீது சுழன்று இயங்கக் கூடிய காற்றாடியை வைத்து, அதன் விசிறிகளில் எதிர் முனைக் கதிர் விழும்படிச் செய்தால், அது சுற்றிய வண்ணம் நகர்கிறது (படம் 4). இவற்றிலிருந்து எதிர்மின் கதிர்கள் உந்தமுடையவை என்பதை உணர்ந்து கொள்ளலாம்.



படம் 4.

எதிர்மின் கதிர்கள் ஒரு பொருளின் மீது குவிக்கப் படும்போது அப்பொருள் வெப்பப்படுத்தப்படுகின்றது.

எதிர்மின் கதிர்கள் தாக்குதலுக்கு உட்பட்ட பல படிகங்களும் தாதுப் பொருள்களும், உப்புகளும் ஒளிர்தலை ஏற்படுத்துகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகளாகக் கண்ணாடி, பொட்டாசியம் பிளாட்டினோசைனைடு, துத்தநாக சல்ஃபைடு இவற்றைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லலாம். எதிர்மின் கதிர்கள், சாதாரண ஒளியைப் போன்று ஒளிப்படத் தட்டுகளைப் பாதிக்கின்றன. எதிர்மின் கதிர்களின் இத்தகைய பண்புகளைக் கொண்டே அவற்றை ஆய்ந்தறிந்து கொள்கின்றார்கள்.

எதிர்மின் கதிர்கள் ஊடகத்தை அயனியாக்குகின்றன. இதிலிருந்து அவை மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களாக இருக்கலாம் என அறிய முடிகின்றது. இக்கதிர்கள் ஓர் உலோக இலக்கின்மீது விழுமாறு செய்தால், அதிலிருந்து எக்ஸ்-கதிர்கள் உற்பத்தியாகின்றன.

எதிர்மின் கதிர்கள், மின் புலத்தாலும், காந்தப் புலத்தாலும் விலக்க முறுகின்றன. அவை ஏற்படுத்தும் விலக்கத்திலிருந்து, எதிர்முனைக்கதிர்கள் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்கள் எனத் தெரிந்து கொள்ளமுடிகின்றது. எதிர்முனைக் கதிர்களின் இப்பண்பைப் பயன்படுத்தி ஜே. ஜே. தாம்சன் என்பார் அதன் மின்னூட்ட நிறைத்தகவையும் (e/m), மில்லிகன் என்பார் மின்னூட்டத்தையும் (e), ஆய்வுமூலம் அளந்து அம்மதிப்புகளில் இருந்து அவற்றின் நிறையைக் கணித்தனர். அம்மதிப்பீடுகள் $e/m = 1.75879 \times 10^{11}$ கூலும்/கிலோகிராம், $e = 1.60210 \times 10^{-19}$ கூலும், $m = 9.10908.10^{-31}$ கிலோகிராம் ஆகும்.

எதிர்மின் கதிரில் உள்ள துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களே ஆகும். கதிரியக்க அணுவிலிருந்து வெளிப்படும் பீட்டாக் கதிர்களும் (beta rays) எலெக்ட்ரான்களே என்றாலும், அவை அணுக்கருவிலிருந்து உமிழப்படும் அதிவேக எலெக்ட்ரான்களாகும். எதிர் மின் கதிரில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அணுவின் சுற்றுப்பாதைகளில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களாகும். இவை பீட்டாக் கதிரோடு ஒப்பிட, ஆற்றல் மிகத் தாழ்ந்தனவாகும்.

பயன்கள். உயிர் இயற்பியலில் எதிர்மின் கதிர்களின் பயன்கள் பலவாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. எதிர்மின் கதிர் அலைவு காட்டி (cathode ray oscillogrgoh) மின்னணுவியல் துறையில் மிகவும் பயனுள்ள சாதனமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எதிர்மின் கதிர்கள் தொலைக்காட்சி நிலையங்களில் உள்ள ஒளி-மின் அலைமாற்றிகளிலும், தொலைக் காட்சிப் பேழைகளில் உள்ள மின் அலை-ஒளி மாற்றிகளிலும் சிறந்த பங்கேற்றுள்ளன. பல இலட்சம் மடங்கு பெரிதாகக் காட்டவல்ல உருப்பெருக்குத் திறன் மிக்க எலெக்ட்ரான் உருப்பெருக்கிகளில் எதிர் மின் கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. துகள் முடுக்கும் பொறிகளில் அயனியாக்கம் செய்வதற்கு

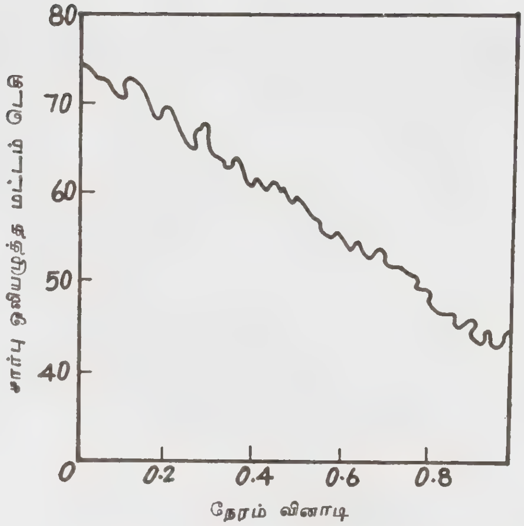
எதிர்முனைக் கதிர்களையே பயன்படுத்துகின்றார்கள். பல்வேறு வகையான பதிவு செய்தல், படிஎடுத்தல், காட்சிப்படுத்துதல் முறைகளில் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகளிலும் எதிர்மின் கதிர்கள் பயனுள்ளவையாக உள்ளன.

- மெ. மெய்யப்பன்

எதிர் முழக்கம்

ஒரு மூடிய இடத்திற்குள் ஒலி எழுப்பப்பட்ட பின்பு அல்லது ஒலி நுழைந்த பின்பு அது அவ்விடத்தின் எல்லைப் பரப்புகளிலிருந்து மீண்டும் மீண்டும் எதிரொலிக்கப் படுகிறது. ஒலியின் மூலம் ஒலியை நிறுத்திய பிறகும் இந்த எதிரொலி நீடிக்கிறது. ஒலி மூலம் ஒலியை நிறுத்திய பின்னரும் இவ்வாறு ஒலி நீடித்துக் கேட்கப்படுவதே எதிர்முழக்கம் (reverberation) எனப்படும். ஓர் அறையின் ஒலியியல் தன்மைக்கு ஓரளவான எதிர்முழக்கம் இனிமை ஊட்டவே செய்கிறது. ஆனால் எதிர் முழக்கம் அளவுக்கு மீறிப் போனால் நல்ல முறையில் வடிவமைத்துக் கட்டப் பட்டிருக்கிற அறை அல்லது அரங்கின் ஒலியியல் பண்புகள் கூடக் குலைக்கப்பட்டுவிடும். படத்தில் ஓர் அறையில் ஒலிமூலம் ஒலி உமிழ்வதை நிறுத்திய பிறகு ஒரு புள்ளியில் ஒலி அழுத்த மட்டம் நேரம் செல்லச் செல்லப் படிப்படியாகக்குறைகிற பாங்கு காட்டப் பட்டிருக்கிறது. ஒலி அழுத்தச் செறிவு சிதைவடைகிற தன்மை சீராக இல்லாமல் ஒரு சராசரியான சரிவுடன் ஏறி இறங்குவதாக அமைந்திருக்கிறது.

எதிர்முழக்கநேரம்: அறைகளில் எதிர்முழக்கம்தக்க முறையில் கட்டுப்படுத்தப்பட வேண்டியது இன்றியமையாதது. இதன் பொருட்டு எதிர் முழக்க நேரம் என்ற ஒரு செந்தர அளவு நிறுவப்பட்டிருக்கிறது. இது t_{60} எனச் சுருக்கமாகக் குறிக்கப்படுகிறது. ஒலி மூலம் ஒலியை உமிழ்வதை நிறுத்திய கணத்திலிருந்து ஒலி அழுத்தம் தனது தொடக்க அளவில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்காகக் குறைய ஆகிற நேரமே எதிர் முழக்க நேரம் எனப்படும். ஒலி அழுத்த மட்டத்தில் 60 டெசிபெல் குறைவதற்கு ஆகும் நேரமாகவும் இதை வரையறுக்கலாம். விருப்பமான எதிர்முழக்க நேரம் என்பது தனி நபரின் விருப்பு வெறுப்புகளைப் பொறுத்தது. இசையொலிக்கான விருப்ப எதிர்முழக்க நேரம் இசையொலியின் தன்மையையும் பொறுத்தது. உரைகள் அல்லது சொற்பொழிவுகளுக்கு மட்டும் என அமைந்த அறைகளில் விரும்பிய எதிர் முழக்க நேரம் மிகவும் குறைவாக இருக்க வேண்டும். அது அளவுக்கு மீறி இருந்தால் பேச்சு ஒலிகளைத் தனித் தனியாகப் பிரித்துணர முடியாமல் போகும்.



எதிர்முழக்கத்தின் சிதைவு வரைகோடு

மோதலிடைத்தொலைவு: வடிவ ஒலியியல்(geometricaloptics) கொள்கைப்படி ஒரு மூலத்திலிருந்து நாலா பக்கத்திலும் வெளிப்படுகிற ஒலி அறையின் சுவர்களிலிருந்து அடுத்தடுத்து எதிரொலிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு எதிரொலிக்கும் பரப்புகளுக்கிடையிலான சராசரித் தொலைவு மோதலிடைத் தொலைவு (mean free path) எனப்படும். ஓர் அறையில் ஓர் ஒலிக் கதிரின் மோதலிடைத் தொலைவு அறையின் வடிவத்தையும் பரிமாணத்தையும்பொறுத்தது. அத்துடன் அது அறையிலுள்ள ஒலியை உட்கவரும் பொருள்களின் தன்மையையும் பரவீட்டையும் கூட ஓரளவுக் குப் பொறுத்திருக்கிறது. ஆனாலும் பெரும்பாலான சமயங்களில் அது தோராயமாக 4 V/S என்ற அளவுக் குச் சமமாகவே உள்ளது. இதில் V என்பது அறையின் கொள்ளளவு, S என்பது அதிலுள்ள மொத்தப் புறப் பரப்பின் அளவு.

சிதைவு வீதம். ஒரு சிதையும் ஒலி அலை ஒரு விநாடியில் செய்யும் எதிரொலிப்புகளின் எண்ணிக்கை, அதன் திசை வேகத்தின் எண்மதிப்பைச் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவினால் வகுத்தால் கிடைக்கும். 20°C இல் உள்ள உலர்ந்த காற்றில் ஒலி ஏறத்தாழ விநாடிக்கு 343 மீட்டர் அல்லது 1130 அடி என்ற திசைவேகத்துடன் பரவுகிறது. எனவே ஒரு விநாடியில் ஏற்படும் எதிரொலிப்புகளின் எண்ணிக்கை 343S/4V ஆகும். ஓர் ஒலி அலை ஓர் எல்லைப் பரப்பில் ஒவ்வொரு முறை மோதும் போதும் அதன் ஆற்றலில் a என்ற பின்னம் உட்கவரப்பட்டு எஞ்சியுள்ள (1-a) என்ற பின்னம் எதிரொலிக்கப் படுகிறது. அறையில் $S_1 S_2 \ldots$ என்ற புறப் பரப்புகளும் $a_1, a_2 \ldots$ என்ற உட்கவர் குணகங்களும் (absorption coefficients) கொண்ட பகுதிகள் இருந்தால் $a = \frac{a_1 S_1 + a_2 S_2 + \ldots}{S_1 + S_2 + \ldots}$ ஒலி அழுத்தம்

ஒலிச்செறிவின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது. எனவே சராசரியாக எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி அழுத்தத்திற்கும், பரப்பில்படும் ஒலி அழுத்தத்திற்கும் இடையிலான தகவு $\sqrt{(1-a)}$ ஆகும், எனவே ஒலி அழுத்த மட்டத்தில் உண்டாகும் சராசரிக் குறை $= 10 \log_{10} \frac{1}{1-a}$ டெசிபெல் எதிரொலிப்பு.

ஒரு விநாடியில் 343S / 4v எதிரொலிப்புகள் நிகழ்வதால் சராசரிச் சிதைவு வீதம் பின்வரும் சமன்பாடுகளினால் தரப்படுகிறது. S சதுரமீட்டர்களிலும் V கனமீட்டர்களிலும் அளக்கப்படும்போது சிதைவு$=$ $373\ (S|v)\ [-2.3\log_{10}\ (1-a)$ டெபெ./வி.

S சதுர அடிகளிலும் V கன அடிகளிலும் அளக்கப்பட்டால், சிதைவு

$=1230 \times (S/V[-2.3\ \log_1\ (1-a]$ டெபெ/வி.

எதிர்முழக்க நேர வாய்பாடு. மேற்கண்ட சமன்பாடுகளிலிருந்து எதிர்முழக்க நேரம்.

$$t_{60} = \frac{0.161v}{S[-2.3\log_{10}(1\text{-}a)]}$$ நொடி எனவும்

$$t_{60} = \frac{0.049v}{S[-2.3\log_{10}(1\text{-}a)]}$$ நொடி எனவும்

தெரிகிறது. $a << 1$ எனில்,

$t_{60} = 0.161\ V/Sa$ நொடி அல்லது $0.049\ v/Sa$ நொடி ஆகும். 2000 ஹெர்ட்ஸ்க்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்களுக்குக் குறிப்பாகப் பெரிய அரங்குகளின் காற்றின் ஒலி உட்கவர் விளைவுகளையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டு எதிர்முழக்க நேரத்தைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். இதன் காரணமாக எதிர்முழக்க நேரத்திற்கான வாய்பாடுகள் பின்வருமாறு அமைகின்றன.

$$t_{60} = \frac{0.161v}{s[-2.3\log_{10}(1-a) + 4mv]} \simeq \frac{0.161v}{sa + 4mv}$$ வி.

$$t_{60} = \frac{0.049v}{s[-2.3\log_{10}(1-\alpha)+4mv]} \simeq \frac{0.049v}{sa + 4mv}$$ வி.

இதில் m என்பது நலிவுக் குணகம் (attenuation coefficient) எனப்படும். அது மீட்டர் அல்லது அடியின் தலைகீழ் மதிப்புகளில் குறிக்கப்படுகிறது. காற்று ஒலியை உட்கவர்வதற்கு மூலக்கூறுகளே காரணம் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

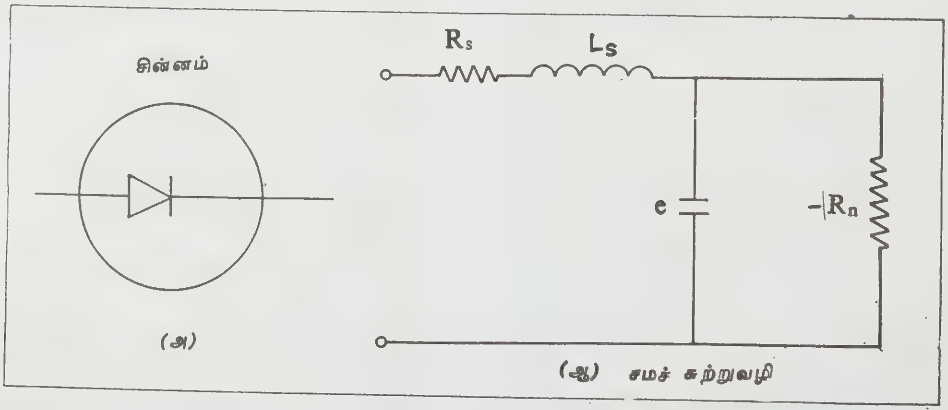
மேற்காணும் எதிர்முழக்க நேர வாய்பாடுகள் அறைகளில் கலங்கிய வகையில் பரவியிருக்கிற ஒலிகளுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். எனவே ஒலியைக் கலங்கிய தன்மையில் பரவவிடாத வகையில் வடிவமைக்கப்பட்ட அறைகளில் இந்த வாய்பாடுகளிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட எதிர்முழக்க நேரங்களுக்கும், உண்மையில் ஆய்வுகள் மூலம் கண்டுபிடிக்கப்படுகிற எதிர்முழக்க நேரங்களுக்கும் இடையில் பெருத்த வேறுபாடுகள் காணப்படலாம்.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

நூலோதி. F.W. Stars and M.W. Zemansky, *College Physios*, Addison Wesley, Reading, 1960.

எதிர்மைத் தடைக் கருவி

மின்னணுவியல் துறையில் எதிர்மைத் தடைக் கருவிகள் (negative resistance devices) பரவலாகப்பயன்



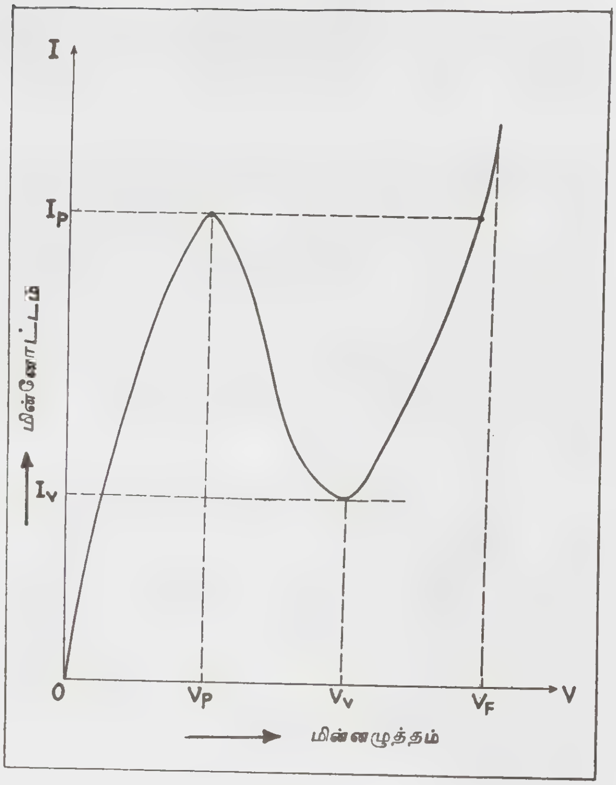
படம் 1. டனெல் இருமுனையம்

படுத்தப்படுகின்றன. இக்கருவிகள் ஒரு வரையரைக் குட்பட்டு எதிர்மைத் தடைத் தன்மையைப் பெற்றுள் ளன. டனெல் இருமுனையம், ஒருமுனை திரிதடையம் (transistor) ஆகியவை முக்கியமாக இப்பணியில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

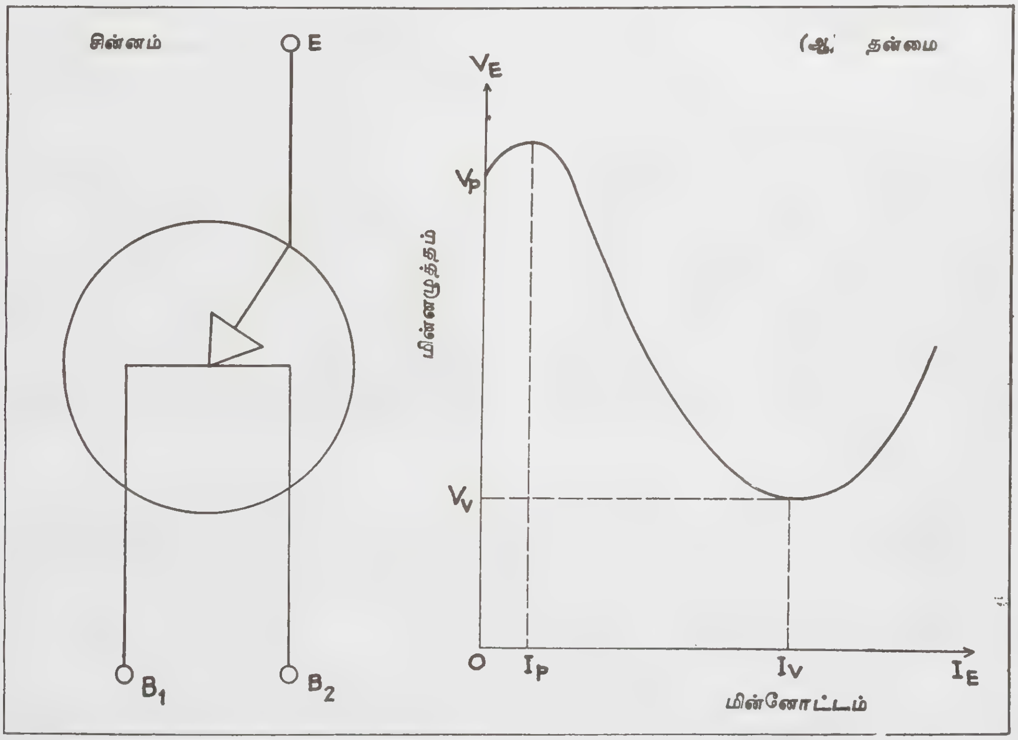
டனெல் இருமுனையம் முதன்முதலாக 1958 ஆம் ஆண்டு இசாக் என்பாரால் உருவாக்கப்பட்டது. இதன் சின்னம் படம் 1 (அ) விலும், சம சுற்றுவழிப் படம் 1 (ஆ) விலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

டனெல் இருமுனையத்தின் எதிர்மைத்தடைத் தன்மை அதன் மின்னழுத்த மின்னோட்டத் தன்மை கொண்டு படம் 2 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து சிறிது சிறிதாக உயர்த்திக் கொண்டே சென்றால் டனெல் இரு முனையத்தின் மின்னோட்டமும் I_p வரை உயர்ந்து கொண்டே செல்கிறது. V_pயும், I_pயும் அவற்றின் உச்ச நிலையைக் காட்டும். ஆனால் மின்னழுத்தத்தை V_pக்கு மேலும் உயர்த்தினால் மின்னோட்டம் I_vவரை குறைந்து கொண்டே வரும். இதற்கு மேலும் மின்னழுத்தத்தை உயர்த்தினால் மின்னோட்டம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். (V_p, I_p) என்ற உச்சியிலிருந்து (V_v, I_v) என்ற பள்ளத் தாக்கு வரை டனெல் இருமுனையம் ஓர் எதிர்மைத் தடைக் கருவியாகப் பயன்படுகிறது.



படம் 2.



படம் 3.

மலிவாகவும் எளிமையாகவும், சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலைப் பாதிப்பு இல்லாமலும் விரைவாக வேலை செய்வதால் இது மின்னணுத் துறையில் மிகவும் பயன்படுகிறது.

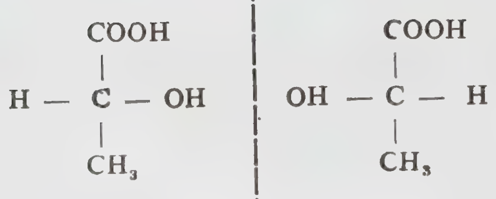
ஒரு முனைத் திரிதடையம் (unijunction transistor) டனெல் இருமுனையத்தைப் போலவே ஒருமுனைத் திரிதடையமும் எதிர்மைத்தடைச் சாதனமாகப் பயன் படுகிறது. டனெல் இருமுனையத்தின் மின்னழுத்தக் கட்டுப் பாட்டினால் இதனை எதிர்மைத் தடைக் கருவியாகப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால் ஒருமுனைத் திரிதடையத்தில் அதன் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப் பாடு செய்து எதிர்மைத் தடைக் கருவியாகப் பயன் படுத்தலாம்.

உமிழ்ப்பான் (emitter) வழியாக மின்னோட்டத் தைச் சிறிது சிறிதாக உயர்த்திக் கொண்டே சென்றால் மின்னழுத்தமும் V_p வரை உயர்ந்து கொண்டேசெல்லும், I_pக்கு மேலும்மின்னோட்டத்தை உயர்த்தினால் மின்னழுத்தம் V_vவரை குறைந்து கொண்டே வரும். (I_p, V_p) என்ற உச்சியிலிருந்து (I_v, V_v) என்ற பள்ளத்தாக்கு வரை உள்ள தன்மையைக் கொண்டு இதை ஒரு எதிர்மைத் தடைக்கருவியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

- ந. பழனிச்சாமி

எதிர் வடிவம்

ஒன்றின் மேல் ஒன்றாகப் பொருந்தாத அமைப்பு வசங்களைக் (configurations) கொண்ட ஒளி மாற்றி யங்கள் (optical isomers) முனைவுடைத் தள ஒளியை (plane polarised light) எதிரெதிர்த் திசைகளில் சுழற்று கின்றன. இவ்வாறு முனைவுடை ஒளியைச் சுழற்றும் மாற்றியங்கள் எதிர்வடிவங்கள் (enantiomers) எனப் படுவன. இம் மாற்றியங்கள் இவ்வாறு ஒளி சுழற்று வதற்கு அவற்றில் சமச்சீரற்ற மையம் (chiral centre) இருக்க வேண்டும். காட்டாக, லாக்டிக் அமிலத்தின் எதிர்வடிவங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



வலஞ்சுழி அல்லது (+) லாக்டிக் அமிலம் | இடஞ்சுழி அல்லது (—) லாக்டிக் அமிலம்

இவ்விரு எதிர்வடிவங்களும் முனைவுடை ஒளியை எதிரெதிர்த் திசைகளில் சமமாகச் சுழற்றுகின்றன; முனைவுடை ஒளியை வலப்புறமாகச் சுழற்றும் வடிவம் வலஞ்சுழி (dextro rotatory) என்றும், இடப் புறமாகச் சுழற்றும் வடிவம் இடஞ்சுழி (laevo rotatory) என்றும் அழைக்கப்படும்.

எதிர்வடிவமைப்புகளால் அமையும் சேர்மங்கள் வேதி வினைகளிலும் இயற்பண்புகளிலும் ஒரே தன்மை உடையனவாக இருக்கின்றன; ஆனால் ஒளி சுழற்றும் தன்மையில் எதிர்ப்பண்புடன் இருக் கின்றன. லாக்டிக் அமிலத்தின் எதிர் வடிவங்களின் தன்மைகள் கீழ்க்காணும் அட்டவணையால் அறியப் படும்,

இவ்வாறு பொருள்களின் எதிர்வடிவங்கள் மற்ற ஒளிசுழற்றும் தன்மையுடைய பொருள்களுடன் வினை புரியும்போது மாறுபட்ட காலத்தன்மையில் வினை புரிகின்றன.

இவ்வெதிர் வடிவங்கள் உடற்சுற்றில் முக்கிய பங்கேற்கின்றன. நொதி வினையூக்கிகளிலும் இவற் றிற்குப் பங்கு உண்டு. பெனிசிலியம் நுண்ணுயிரி (+) டார்டாரிக் அமிலத்துடன் வினைபுரிகிறது; ஆனால் (—) டார்டாரிக் அமிலத்துடன் வினைபுரிவதில்லை. குளோரோமைசிடினின் ஓர் எதிர்வடிவம்தான் நுண்ணு யிர்க் கொல்லியாகத் திகழ்கிறது. (+) எஃபிட்ரின் மருந்தாகச் செயல்படுகிறது; ஆனால் எதிர்வடிவம் (—) எஃபிட்ரின், மருந்துப் பொருள் அன்று. D(+) குளுகோஸ் உயிர்களின் வளர்சிதைமாற்றத்தில் முக்கிய பங்கு ஏற்கிறது. அமினோ அமிலங்களில் அஸ்பாராஜினின் ஓர் எதிர் வடிவமும், லூயூசினின் ஓர் எதிர் வடிவமும், சுவை மிகுந்தவை.

	உருகும்நிலை	அடர்த்தி	ஒளிசுழற்றும் தன்மை
வலஞ்சுழி (+) லாக்டிக் அமிலம்	26°C	1.24	2.2°
இடஞ்சுழி (—) லாக்டிக் அமிலம்	26°C	1.24	-2.2°

- எஸ். கிருஷ்ணமூர்த்தி

எதிர் வாழ்வு

எதிர்வாழ்வு (antibiosis) அல்லது வாழ்வொவ்வாமை என்பது இரு உயிரிகளுக்கிடையே தோன்றும் கூட்டையும் அவற்றுள் ஒன்றனுக்கு ஊறு விளைவதையும் குறிக்கும்.

உலகில் வாழும் வெவ்வேறு உயிரினங்களுக்கிடையே வெவ்வேறு வகையான உறவுகள் நிலவுகின்றன. சிலவகைத் தாவரங்களும், விலங்கினங்களும் ஒன்றுக் கொன்று அணுகி ஆதரித்து வாழ்வதையும் வேறு சிலவகை உயிரினங்கள் மற்ற உயிரினங்களால் துன்பமுறுவதையும், நோயடைவதையும் வாழ்விழப்பதையும் காணமுடிகிறது. இவ்விரண்டனுள் இடையூறு கலந்த இணைப்புத் தொடர்புகளே வாழ்வொவ்வாமை அல்லது எதிர்வாழ்வு எனப்படுகிறது.

சுரப்பு முறை எதிர்வாழ்வு (antibiosis by secretion) சுரண்டுமுறை எதிர்வாழ்வு (antibiosis by exploitation) போட்டி முறை எதிர்வாழ்வு (antibiosis by competition) என இது மூன்று வகைப்படும்.

சுரப்பு முறை எதிர்வாழ்வென்பது உயிரிகளால். பிறவுயிரிகளை எதிர்த்துச் சுரக்கும் வேதிப்பொருள்களால் தோன்றும் எதிர்ப்பினைக் குறிப்பது. வடிவிற் பெரியஉயிர் ஒன்று அளவில் சிறியதை அடித்து வீழ்த்தி அவ்வுணவை உண்டு வாழ்வதும், மற்ற உயிரிகளின் உடல்களில் புல்லுருவிகளைப் போல் பற்றி உணவைக் கவர்ந்து வாழ்வதும் சுரண்டு முறையைச் சார்ந்தவை. ஒன்றுக்கொன்று போட்டியிட்டு வலிமையே வாழ்க்கை எனக் காட்டுவது போட்டி முறையை ஒட்டியது.

சுரப்புமுறை எதிர்வாழ்வு

சுரப்புமுறை எதிர் வாழ்வில் மிக முக்கியமானது, உயிரெதிர்மச் (antibiotic) சுரப்பே ஆகும்.

பிறவகை உயிரிகளை எதிர்ப்பதற்காகச் சிலவகை உயிரினங்களில் உயிரெதிர்மங்கள் சுரக்கின்றன. நுண்கிருமிகளால், நோய் நுண்மிகளால் இத்தகு உயிரினங்கள் தாக்கப்பெறும்போது, இவ்வுயிரெதிர்மங்கள் வெளிப்பட்டுப் பாதுகாப்பளிக்கும்.

தற்கால மருத்துவத்தில், உயிரிகளால் சுரக்கப்பெறும் உயிரெதிர்மங்கள் அவற்றினின்று பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, மருந்துகளாகப் பக்குவப்படுத்தப்பட்டுப் பல நோய்களைத் தீர்க்கப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. முதன் முதலில், பெனிசிலின் என்ற உயிரெதிர்மம் பயன்படுத்தப்பட்டது. அதனைத் தொடர்ந்து, பல புதுப்புது உயிரெதிர்மங்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுவிட்டன. ஸ்ட்ரெப்டோமைசின், குளோரோமைசிடின், டெர்ராமைசின், ஜென்டாமைசின், செஃபலோஸ்போரின் போன்ற மருந்துகள் உயிரெதிர்ம வகையைச் சார்ந்தவையே. பெரும்பாலும். உயிரெதிர்மங்கள், காளான் நுண்ணுயிரிகள், சில தாவரங்கள் ஆகியவற்றால் சுரக்கப்பெறுகின்றன.

சுரப்பு முறை எதிர்வாழ்வு வேறுபல உயிரிகளாலும் மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. சிலவகைக் கடல்வாழ் உயிரிகளால் சுரக்கப்பெறும் நச்சு நீர்மங்கள், கணவாய் மீன் வெளியிடும் கறுப்பு நீர்மம், பாம்புகளின் நச்சு, பூச்சியினங்களின் நச்சு வேதிமங்கள், சில தாவரங்களின் உறுத்திகள் (irritants) போன்றவற்றை இதில் அடக்கலாம்.

சுரண்டுமுறை எதிர்வாழ்வு

சுரண்டுமுறை எதிர்வாழ்விலும் இருவகை உண்டு. அவை ஒட்டுண்ணித்துவமும் (parasitism), கொன்றுண்ணலுமே (predation) ஆகும்.

ஒட்டுண்ணித்துவம். வடிவில் பெரிய வலுமிக்க உயிரியோடு, ஒரு சிறிய உயிரி உடலியங்கு உறவுகளை (physiological relations) ஏற்படுத்திக் கொள்ளுதலே ஒட்டுண்கையாம். இதில் சிறிய உயிரி ஒட்டுண்ணி; பெரிய உயிரியே ஓம்புயிரி. ஒட்டுண்கையில், உறவின் பயன்கள் எப்போதுமே ஒருதலைப்பட்டவை. ஒட்டுண்ணிகள் ஓம்புயிரிகளுக்குத் தீங்கு விளைவித்தும் அவற்றினின்று தமக்கான உணவைக் கவர்ந்தும் வாழ்கின்றன.

ஓம்புயிரிகளுக்கும், ஒட்டுண்ணிகளுக்கும் இடையேயுள்ள நெருக்கத்தையும், இணைப்பையும் பொறுத்து ஒட்டுண்ணிகளைப் பலவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

நிலையில்லா வகை ஒட்டுண்ணிகள். தங்கள் வாழ்வின் ஒரு பகுதியை மட்டும் ஒட்டுண்ணிகளாகக் கழிப்பவை; தற்காலிக ஒட்டுண்ணிகள் (temporary parasites). வாழ்க்கையின் பெரும்பகுதியைத் தம் மிச்சையாகவே அவை கழிக்கின்றன. நன்னீர் மட்டியினத்தின் இளவுயிரி கிளாக்கிடியம் என்பது. இது மீன்களைப் பற்றிக் கொண்டு, அவற்றின் தோலுக்கடியில் புதைந்து வாழும். அவ்வாறு மீன்களின் ஒட்டுண்ணியாய்த் தன் வளர்ச்சியைத் தொடரும் க்ளாக்கிடியம், இளவுயிரிப் பருவம் முற்றுப் பெற்று வளர் உருமாற்றம் பெற்று வெளிவந்து தனி வாழ்க்கையைத் துவங்குகிறது. எனவே, நன்னீர் மட்டிகள், தங்களின் இளவுயிரிப் பருவத்தை மட்டுமே தற்காலிக ஒட்டுண்ணிகளாகக் கழிக்கின்றன.

தங்களின் வாழ்க்கை முழுதையும் ஒட்டுண்ணிகளாக மட்டுமே கழிக்கவல்ல உயிரிகள், நிலை ஒட்டுண்ணிகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. கொக்கிப் புழு போன்ற உயிரிகள், தம் வாழ்க்கைச் சுழல் முழுதுமே மனிதக் குடலில் ஒட்டுண்ணிகளாகவே வாழ்கின்றன; அவை உண்பதும், வளர்வதும், வாழ்

வதும், இனம் பெருக்குவதும் எல்லாமே ஒட்டுண்கை யினால் தாம்.

அக-புற ஒட்டுண்ணிகள்

ஓம்புயிரியின் உடல் வெளிப்பரப்பில் ஒட்டிக் கொண்டோ, பற்றிக்கொண்டோ வாழும் ஒட்டுண்ணி கள் புறவொட்டுண்ணிகள் (ectoparasites) ஆகும்.

ஓம்புயிரியின் உடலிலுள்ள பல்வேறு உறுப்புகளில் ஒட்டுண்ணிகளாக வாழ்பவை, அகவொட்டுண்ணி களாம் (endoparasites). இந்த அகவொட்டுண்ணி களையும் மீண்டும் இரு வகையாகப் பகுக்கலாம். ஓம்புயிரி உடலின் செல்களின் உள்ளே இருக்கக் கூடியவை செல் அகவொட்டுண்ணிகள் (intracellular parasites) ஆகும். ஓம்புயிரி உடலுக்குள், செல்களுக்கு வெளியே, அவற்றின் இடையேயுள்ள இடங்களில் உறைபவை, செல் இடை அகவொட்டுண்ணிகள் (intercellular parasites) ஆகும்.

வாய்ப்புகள் ஒத்துவரும் வேளைகளில் மட்டுமே ஒட்டுண்ணிகளாக வாழ்ந்து, பிற நேரங்களில் தனி வாழ்க்கை வாழுந்திறன் பெற்றவை தகவிய ஒட்டுண் ணிகள் (facultative parasites) எனப்படுகின்றன.

ஒட்டுண்ணிகளாக மட்டுமே வாழுந்திறன் கொண்டு, ஓம்புயிரிகள் இல்லாத இடத்திலும், சூழலிலும் நசித்துப் போகும் உயிரிகள் கடப்பாட்டு ஒட்டுண்ணிகள் (obligatory parasites) ஆகும்.

மீவொட்டுண்ணி வகை

ஓர் ஒட்டுண்ணியின் மீது பிறிதோர் உயிரி ஒட்டுண்ணியாக வாழுமேயானால், அத்தகு நிலை மீவொட்டுண்கை என்றும், அத்தகு உயிரி மீவொட் டுண்ணி (hyper parasite) என்றும் வழங்கப்பெறும்.

கொன்றுண்ணல். ஓர் உயிரி பிறிதோர் உயிரியைக் கொன்று அதன் மூலம் தன் உணவினைப் பெற்று உயிர் வாழ்வதே கொன்றுண்ணல் ஆகும். இது சுரண்டுமுறை வாழ்வில் ஒரு முறையாகும். பாம்பு தவளையைப் பற்றி உண்பதும், புலியும் சிங்கமும் மானை, மாட்டை வேட்டையாடி உண்பதும், காட்டு விலங்குகள் பசிதீரப் பலவித உயிர்களைத் தேடியலை வதும் கோறல் வகையாகும்.

ஒட்டுண்ணிவகை, கோறல்வகை இரண்டுமே ஓர் உயிரி இன்னொரு உயிரியைச் சுரண்டி வாழும் செயல் தான். ஒட்டுண்ணி தன் உறையுளுக்கும், உணவிற்கும் ஓம்புயிரையை நாடுகிறது; எனவே, ஓம்புயிருக்கு மிகவும் தீங்கிழைத்தால் அது தன் வசதி வாய்ப்பு களையே இழக்க வேண்டி வரும். கோறல்வகை தன் இரையை அடித்து வீழ்த்தி, அதன் மரணத்தில் தன் வாழ்வைக் கழிக்கிறது. கோறல் உண்ணி முதலீட்டில் வாழ்கிறது; ஒட்டுண்ணியோ வட்டியில் வாழ்கிறது என இதனை எல்ட்டன் என்பார் ஒரு முறை வேடிக்கையாகக் குறிப்பிட்டார்.

போட்டி முறை எதிர்வாழ்வு. வாழ்க்கைப் போராட் டத்தில் ஒன்றுக்கொன்று போட்டியிடும்போது எதனிடம் வலிமையும் வாய்ப்பும் அதிகமோ அவ்வுயிரி வெற்றி பெறுவதே இம்முறையாகும்.

இது வகையுள் போட்டி, வகையிடைப் போட்டி எனப் பிரிக்கப்படும். ஒரே வகையைச் சார்ந்த விலங்குகள் தங்களுக்குள் உணவு, உறைவிடம், ஒளி, வளி போன்றவற்றிற்காகப் போட்டியிடுவதுதான் வகையுள் போட்டி (intraspecific competition). ஒரு சிறிய காட்டில் மிகவதிக எண்ணிக்கையில் சிங்கங்கள் இருக்குமேயானால், அவை தங்களுக்குள் இடத்திற் காகவும், உணவிற்காகவும் போட்டியிட வேண்டி வரும்.

வெவ்வேறு வகையைச் சேர்ந்த விலங்குகள் கூடத் தங்களின் தேவைகளுக்காக, ஒன்றிற்கொன்று போட்டியிடும் சூழலைத்தான் வகையிடைப் போட்டி (interspecific competition) என்பர். இருவேறு வகை விலங்குகள் ஓரிடத்தில் வாழும் போது, வலிமையும், திறமையும், மிகுதியும் இருக்கக்கூடிய உயிரி, அவை குறைந்துள்ள மற்றோர் உயிரியை விடத் தன் தேவை களை நிறைவு செய்து கொள்ளக் கூடிய வாய்ப்பு உண்டு; அத்தகைய சமயங்களில் அவை வெற்றி பெறுவதும் உண்டு.

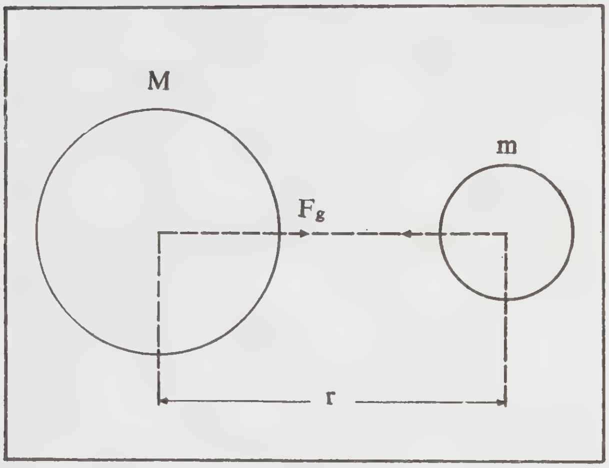
- சுதா சேஷய்யன்

எதிர் விகித இருமடி விதி

இரு பருப்பொருள்களுக்கிடையே செயல்படும் ஈர்ப்பு விசை, இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையே செயல்படும் நிலைமின் விசை, இரு காந்த முனைகளுக்கிடையே செயல்படும் காந்த விசை இவற்றின் அளவைக் கணக்கிட எதிர் விகித இருமடி விதி (inverse square law) பயன்படுகிறது. இவ்விதி நியூட்டன் கூலூம் போன்ற அறிவியலாரால், பட்டறிவு அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்டதெனினும், அடிப்படைத் துகள் முதல் அண்டவெளியில் காணப்படும் விண்மீன்கள் வரை இயற்கையில் காணப்படும் பல அமைப்புக்களின் இயக்கங்களை இவை மிக நுணுக்கமாக வரையறுக்கக் கூடியனவாக இருப்பதால் இவற்றை உலகளாவிய பொது விதிகளாகக் கொண்டுள்ளனர்.

பேரண்டத்தில் உள்ள விண்மீன்கள் மற்றும் கோள்களின் இயக்கங்களுக்குக் காரணமான ஈர்ப்பு விசை தொடர்பான விதியை நியூட்டன் என்பார் முதலில் நிறுவினார். இதன்படி இப்பேரண்டத்தில் ஒவ்வொரு பருப்பொருளும் மற்றொரு பருப்பொரு

ளைக் கவர்ந்திழுக்கின்றது எனலாம் (படம்). இந்த விசை இருபருப்பொருள்களின் நிறை மையங்களை இணைக்கும் நேர்கோட்டுத் திசையிலும், அதன் அளவு பருப்பொருள் நிறைகளின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர் விகிதத்திலும், இடைத் தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும்.



ஈர்ப்புவிசை

இதைக் கணிதவியல்படி பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$F_g = G\frac{M\,m}{r^2}$$

M,m = பருப்பொருளின் நிறைகள்; r என்பது அவற்றிற்கு இடைப்பட்ட தொலைவு; G என்பது ஒரு மாறிலி. இது ஈர்ப்பு மாறிலி என்றும் குறிப்பிடப் படும். இதன் மதிப்பு ஒரு கிலோ கிராம் நிறையுடைய ஒரு பொருள், அதற்கு ஒரு மீட்டர் தொலைவில் உள்ள, அதே நிறையுள்ள மற்றொரு பொருளை ஈர்ப்பின் காரணமாகக் கவர்ந்திழுக்கக் கூடிய விசையின் மதிப்பாகும். G -இன் மதிப்பு ஈர்ப்பில் ஈடுபடும் பருப்பொருள்களின் நிறையைப் பொறுத்த தன்று. நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் அலகுமுறையைப் பொறுத்தே இதன் அமைப்பு அமைகின்றது. பன்னாட்டுச் செந்தர அலகு முறையில் (international standard) இதன் மதிப்பு 6.6732×10^{-11} நியூட்டன்-மீட்டர்^{2}/கிலோகிராம்^{2} ஆகும். இது கோள்களின் இயக்கம், துணைக் கோள் (satellite) மற்றும் செயற்கைக் கோள் (Artificial satellite) களின் இயக்கம், கடல் அலைகள் (tides) போன்றவற்றை விளக்கக் கூடியதாக இருக்கின்றது. பெரும்பாலான விண்பொருள்களின் நிறையை இவ் விதியைக் கொண்டே மதிப்பீடு செய்திருக்கின்றார்கள். செயற்கைக்கோள் ஒன்றின் சுற்றுப்பாதை ஆரத்தைக் கணக்கிட இவ்விதி பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

மின்னூட்டம் நேர் (positive) எதிர் (negative) வகையாக இருக்கலாம். புரோட்டான் பெற்றிருக்கும் மின்னூட்டம் நேர் வகையானது. எலெக்ட்ரான் பெற்றிருக்கும் மின்னூட்டம் எதிர் வகையானது. ஒரே வகை மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று விலக்கிக் கொள்ளுகின்றன. ஆனால் மாறுபட்ட வகை மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று கவர்ந்திழுக்கின்றன. இதற்குக் காரணமான விசையை நிலைமின் விசை என்கிறார்கள். ஈர்ப்பு விசை போல ஓர் எதிர் விகித இருமடி விதியால், நிலைமின் விசையின் அளவை, கூலும் என்பார் நிறுவினார். Q,q என்பன r இடைவெளியுடன் கூடிய இரு மின்னூட்டங்கள் எனக் கொண்டால், அவற்றின் மீது செயல்படும் விசையை (F_e),

$$F_e = K\,\frac{Q.\,p}{r^2}$$

எனக் குறிப்பிடலாம், அதாவது இரு மின்னூட்டங்களிடையே உள்ள விசை அவ்விரு மின்னூட்டங்களின் எண் மதிப்பின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர் விகிதத்திலும் அவற்றின் இடைத் தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும். MKS அலகு முறையில் K-இன் மதிப்பு $\frac{1}{4\pi\epsilon}$ என்று கொள்ளப்படுவதால்

$$F_e = \frac{Q\,p}{4\pi\epsilon\,r^2}$$

இதில் ϵ என்பது ஊடகத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் ஒரு மாறிலியாகும். இதை மின்கடத்தாப் பொருள் மாறிலி (dielectric constant) என்றும் கூறுவர். வெற்றிடத்தின் மின் கடத்தாப் பொருள் மாறிலி 8.8542×10^{-12} கூலும்^{2}/ நியூட்டன்-மீ^{2}.

மின் புலத்தின் செறிவை வரையறுக்க இவ் விதியையே அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளார்கள். ஒரு புள்ளியில் மின் புலத்தின் செறிவு என்பது அப்புள்ளியில் வைக்கப்படும் ஓர் அலகு மின்னூட்டத்தின் மீது செயல்படும் விசையின் அளவாகும். அணுவில் எலக்ட்ரானின் இயக்கத்தை இவ்விதி தெளிவாக வரையறுக்கின்றது. மின் விசை, ஈர்ப்பு விசையை விட வலிமையானது என்பதை வெற்றிடத்தில் உள்ள ஒரு புரோட்டானுக்கும் எலகட்ரானுக்கும் இடையே அவற்றின் அளவுகளை ஒப்பிட்டு அறியலாம்.

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\;\frac{1}{Gm_pm_e} = 2.271\times10^{39}$$

அதாவது மின்னூட்டமுடைய இரு துகள்களிடையே செயல்படும் மின் விசை, அத்துகள்களுக்கிடையே

செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையைவிட 10^{39} மடங்கு வலிமையானது இதன் பொருட்டு அடிப்படைத் துகள் பற்றிய இயற்பியலில் இந்த ஈர்ப்பு விசை முற்றிலும் புறக்கணிக்கப்படுகின்றது.

காந்தம் என்பது இரு சமமான எதிரான வட, தென் காந்த முனைகளைக் கொண்டுள்ளதாக இருக்கும். ஒத்த காந்த முனைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்துத் தள்ளுவதற்கும், வேறுபட்ட காந்த முனைகள் கவர்ந்திழுப்பதற்கும் காந்த விசையே காரணமாக இருக்கின்றது. காந்த விசையும் ஓர் எதிர் விகித இருமடி விதிக்கு உட்பட்டிருக்கின்றது. இதன்படி m_1, m_2 என்ற முனை வலிமை (pole strength) உடைய இரு காந்த முனைகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு r ஆனால், அவற்றிற்கிடையே செயல்படும் காந்த விசை F_m

$$F_m = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu r^2}$$

இதில் μ என்பது ஊடகத்தைப் பொறுத்து அமையும் ஒரு மாறிலி. இதை ஊடகத்தின் உட்புகுதிறன் (permeability) என்பார்கள். வெற்றிடத்தில் இதன் மதிப்பு $4\pi \times 10^{-7}$ வீபர்^{2}/ நியூட்டன்-மீட்டர்^{2}ஆகும். காந்தப் புலத்தின் செறிவை வரையறுக்க இவ் விதியையே அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளார்கள்

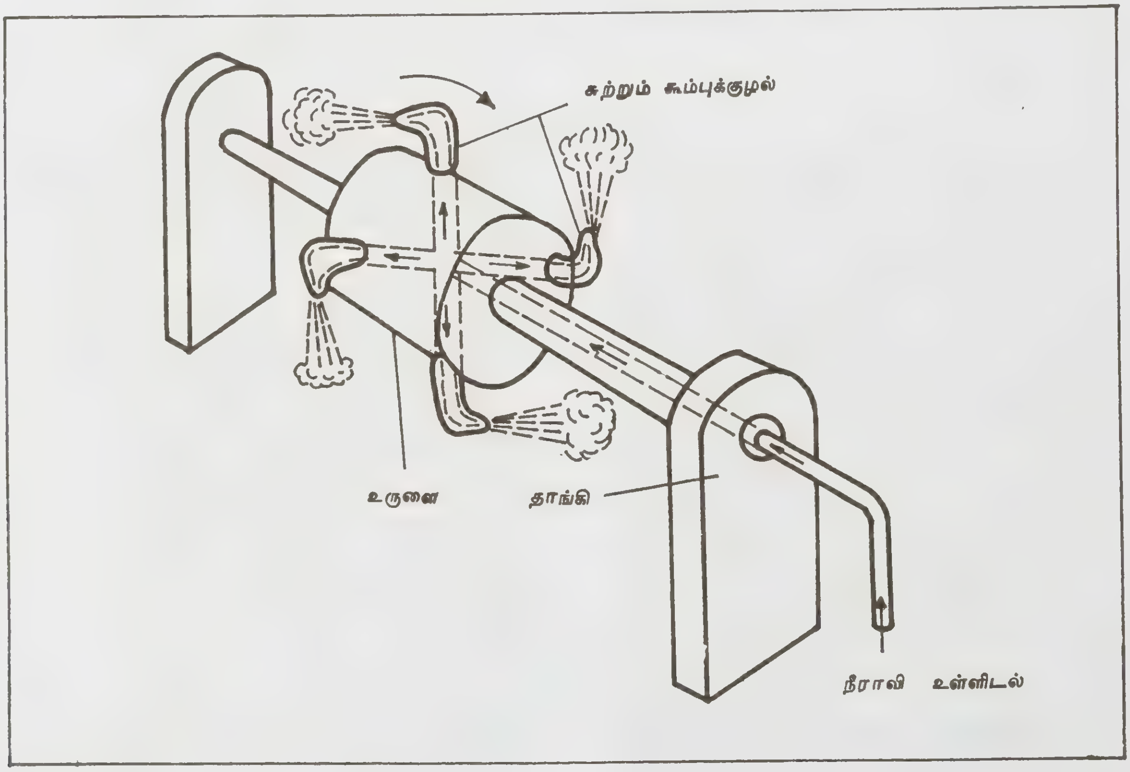
- மெ. மெய்யப்பன்

எதிர்வினைச் சுழலி

எந்திரவியல் செயல்திறனைப் பெறப் பல்வேறு வழி வகைகள் உள்ளன. அவற்றில் சுழல்திறனின் பயனே உற்பத்திக்குப் பல வழியிலும் பயன்படுகின்றது. இச் சுழல்திறனைப் பெற முன்பின்னியங்கும் நீராவிப் பொறியைவிடச் சுழலி (turbine) மிகு பயனளிக்கும். இச்சுழல்திறனை உண்டாக்கப் பாய்மங்கள் சுழலியின் அலகுகளில் (blades) பாய்ந்து வெளியேறும்போது, அலகினைத் தாங்கி நிற்கும் சுழல் உருளைகளுக்குச் சுழல் ஆற்றலை அளிக்கும். இப்பாய்மங்களுள் நீராவி, நீர், கனற்சி வளிமங்களே வழக்கில் உள்ளன.

பாய்மத்தின் உந்துவிசை அல்லது உந்தம் (momentum) பொறியின் அலகுகளில் பாய்ந்து வரும் போது சிறிது சிறிதாக மாறுபடுவதால் சுழற்சி கிடைக்கிறது. அதாவது பாய்மம் கூம்பு குழல் வழியாகச் செலுத்தப்பட்டு முறையாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ள அலகுகளில் பாய்ந்த பின்னர் திசை திருப்பப்படும். இவ்வாறு பாய்ந்து திரும்பி வரும் போது அதன் உந்து விசையில் மாறுதல் ஏற்பட்டு, மைய விலக்கு விசையால் (centrifugal force) சுழற்சி கிடைக்கிறது.

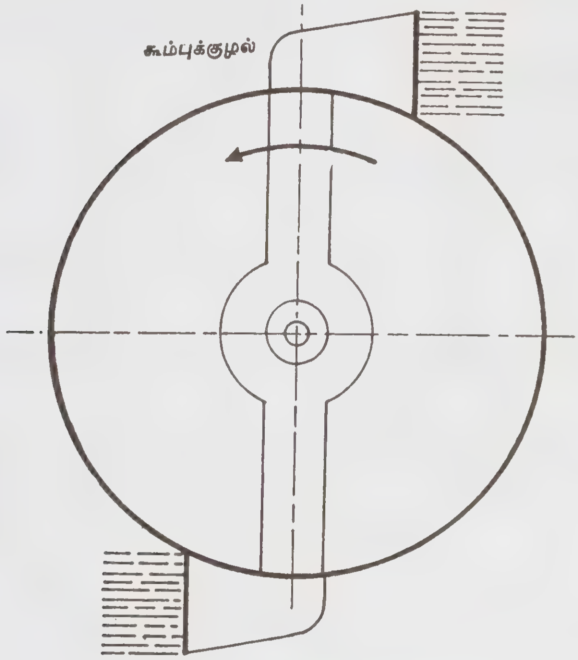
சுழலியில் நீராவி செயல்படும் விதத்தைப் பொறுத்துச் சுழலி வகைப்படுத்தப்படும். அவை



படம் 1 அ.

தூண்டுகைச் சுழலி (impulse turbine) எதிர்வினைச் சுழலி (reaction turbine) எனப்படும்.

எதிர்வினைச் சுழலி. எதிர் வினைச் சுழலியில் நீராவியின் விரிவாக்கம் சுழற்சியில் இருக்கக்கூடிய கூம்புகுழல்களிலும் நடைபெறும். இதன் அடிப்படைத் தத்துவத்தை அறிய உள்ளீடற்ற உருளை ஒன்றில், கொதிகலனின் நீராவி மிகு அழுத்தத்தில்



படம் 1. (ஆ) எதிர்வினை இயக்கம்.

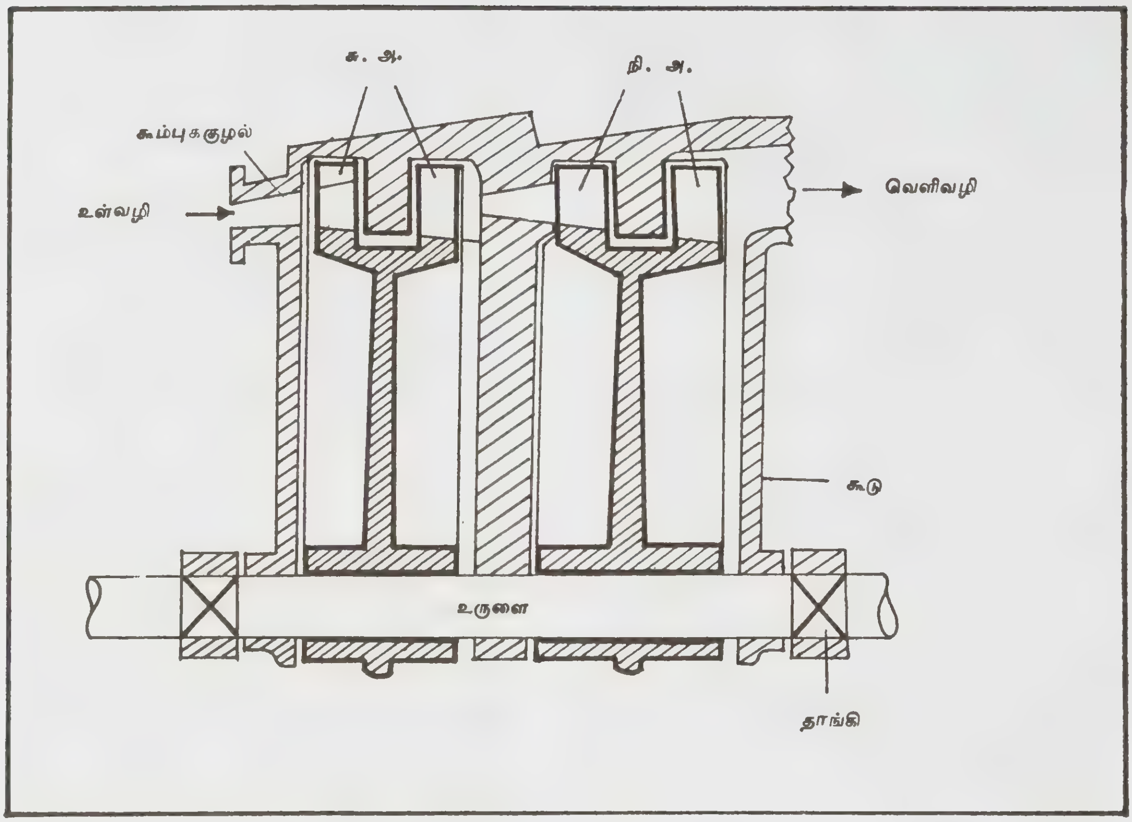
செலுத்துவதாகக் கொள்ளலாம். இந்த உருளையின் படம் 1 இல் காட்டியவாறு ஆர அமைப்பில் தகுந்த குழாய்கள் மூலம் வெளிப்பட, வாய்ப்பு இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். குழாயின் வெளிவழிகள் கூம்பலகுகள் போன்று கடையப்பட்டிருக்கும். எனவே நீராவி, இக் குழாய்கள் கூம்பு குழல் வழியே செல்லும் போது விரிவடையும். இந்நிலையில், சுழன்று கொண்டிருக்கும் உருளையின் வேகத்திற்கு ஒப்ப நீராவியின் திசை வேகம் அதிகரிக்கும். இந்தத்திசை வேகத்தால் உருளை எதிர்த்திசையில் ஓடத்துவங்கும்.

எளிய எதிர்வினைச் சுழலி. சுழலியின் அலகுகள் ஒரு திசையில் சுழலும் போது அலகுகளில் பாயும் பாய்மம் எதிர்த் திசையில் திருப்பி அனுப்பப்படுவது எதிர்வினைச் செயல் எனப்படும். எதிர்வினைத் தத்துவம் கொண்ட இவ்வமைப்பில் நீராவி விரிவடையும் போது அழுத்தம் குறைகிறது. சுழல் அலகுகளில் இயங்காற்றல் வெளிப்படுகிறது. சுழல், அலகுகளை விட்டு விலகும் போது நீராவித்தாரையின் திசைவேகம் உள்வந்த போது இருந்ததைவிட அதிகமாக இருக்கும். இங்ஙனம் நகரும் அலகுகளிலிருந்து விசையுடன் வரும் நீராவித் தாரையே எதிர்வினையாகச் சுழலியின் சுழல் தண்டைச் சுற்றும். பார்சன் எதிர்வினைச் சுழலிகள் படம் 2 இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பின் நடு அச்சில் சுற்றும் சுழல்தண்டு உள்ளது. சுழல்தண்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் ஆர வளையங்களில் அலகு வளையங்கள் (சு. அ) உள்ளன. இவ்வமைப்பு ஒரு கூட்டினுள் அமைக்கப்பட்டுள்ளது; இக்கூட்டின் உள் வளை பரப்பில் நிலையான அலகுகள் (நி. அ) (fixed blades) படத்தில் காட்டியவாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சுழல் தண்டின் இரு முனைகளும் தகுந்த தாங்கிகளில் பொருந்தியிருக்கும்.

மிகைச். சூடேற்றப்பட்ட, அதிக அழுத்தத்திலுள்ள நீராவி, கொதிகலனிலிருந்து மேற் கூறப்பட்டுள்ள சுற்றும் அலகுகள், நிலையான அலகுகள் வழியாக அடுத்தடுத்துப் பாய்ந்து செல்லும். இதனால் தொடர்ந்து திசைவேகம் குறையும், அதற்கேற்றவாறு கொள்ளளவும் அதிகரிக்கும். திசைவேகம் குறைவாக இருக்க வேண்டுமானால் மாறுபடும் கொள்ளளவு காரணமாச நீராவி பாய்ந்து செல்லும் பரப்பளவை அதிகரிக்க வேண்டும். மறு கட்டம் தொடங்கும் போது கூட்டின் அளவீடு அதிகரிக்கின்றது. பரப்பு அதிகரிக்கப்படுவதால் அழுத்த நிலை குறைந்து திசைவேகம் அதிகரிச்கின்றது. கூட்டு அமைப்பு எளிதாக இருக்க வேண்டுமானால் அலகு வளையங்களின் அளவீடு ஒரே அளவாக இருக்க வேண்டும். எனவே பரப்பளவு அதிகரிக்கவும் அடுத்த கட்டத்தில் பொருந்தவும் அலகுகளின் அளவீடு மாறுபடாமல் இருக்கவும் சுழல் தண்டின் விட்டம் அதிகரிக்கலாம். கூம்புகுழலின் உருவமும் அலகின் உருவமும் ஏறக்குறைய ஒரே மாதிரியாக இருக்கும். கூம்புகுழல் குறித்த வடிவில் இருக்கும். நிலைத்த அலகும், சுற்றும் அலகும் கொண்ட ஓர் இணையை, ஒரு கட்டம் என்பர்.

நீரியச் சுழலி ஆற்றல். நீரில் மறைந்து கிடைக்கும் ஆற்றல் வியக்கத்தக்கதோடு அதன் பயன்களும் பலப்பல. மிக உயரத்தில் தேக்கி வைத்த நீர் குழாய்களின் வழியே வெளிவரும் போது உயர் அழுத்தம் காரணமாகத் தாரை போன்று வெளித் தள்ளப்படும். அக்குழாயின் வாய்ப்பகுதி குறுகக் குறுக நீரின் திசைவேகம் கூடும். வாய்ப்பகுதி கூம்பாக அமைந்துவிட்டால் நீர்த் தாரையின் ஆற்றல் மிகுந்த பயன் அளிக்கும். அவ்வாற்றலைக் கொண்டு சுழல்வதே நீரியச் சுழலி (hydraulic turbine) ஆகும். இதனை மின்னாக்கியுடன் இணைத்துவிட்டால் மின் ஆற்றலையும் உருவாக்கலாம்.

எதிர்வினைச் சுழலியில் நீர் அதிக அளவு அழுத்த நிலைக்கு உட்பட்டு வளை அலகுகளில் பாய்கிறது. அங்ஙனம் பாயும்போது அழுத்தநிலை முகப்பு மட்டமாக மாறுகிறது. சுழலியை விட்டு விலகும் முன்னர்



படம் 2. எளிய எதிர்வினைச் சுழலி (பார்சன்)

அழுத்தம் ஏறக்குறைய வளிமண்டல அளவிற்கே குறைந்துவிடுகிறது. இதனால் வெளிப்படும் நீரின் சார்புத் திசைவேகம் (relative velocity) மிக அதிக அளவு இருக்கும். ஆனால் நீரின் தனி நிலைத் திசை வேகம் (absolute velocity) மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். இந்நிலையில் நீரில் உள்ளடங்கியுள்ள ஆற்றல் முழுதும் சுழலிக்கே அளிக்கப்படும்.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எதிர் வினைப்பி(மின்)

ஒரு மின் சுற்றில், எதிர்வினை சேருவதற்கு எதிர் வினைப்பி (electric reactor) பொருத்தப்படுகின்றது.

தொடர் எதிர் வினைப்பி. இவ்வகை எதிர் வினைப்பிகள், மாறு மின்னோட்ட அமைப்பில், குறுக்குச் சுற்று அல்லது நிலையற்றதன்மை ஏற்படும் காலங்களில் உண்டாகும் மிக அதிகமான மின்னோட்டத்திலிருந்து பாதுகாக்கப் பயன்படுகின்றன. இவற்றை மின்னோட்ட வரம்பி வினைப்பிகள் எனலாம். இவை பலமான காப்புக் கொண்ட வடங்களால் ஆனவை. மிக உறுதியான திண்காரை அமைப்பிலோ, உறுதியான சட்டங்களிலோ அமைக்கப்பட்டு, மின் காப்புப் பொருள்கள் மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை எதிர்வினைப்பிகளில் உயர்தூண்டல் தேவையில்லாததால், மின் காந்தப் பொருள் இல்லை. அப்படி மின்காந்தப் பொருள் இருந்தால், குறுக்குச் சுற்று ஏற்படின் உண்டாகும் அதிகமான மின்னோட்டம், காந்தவியல் உள்ளகங்களை நிறைவு செய்து, எதிர் வினைப்பியின் தன்மையைக் குறைக்கும்.

தொடர் எதிர்வினைப்பிகள், அவை பயனாகின்ற மின் கருவிகளின் மின்வழி அழுத்தத்தைவிட அதிகமான மின் அழுத்தத்திற்குக் காப்புச் செய்யப்பட்டிருக்கும். ஏனெனில், அவை உள்வரும் மின் அழுத்த உந்தல்களை எதிரொளிப்புச் செய்து மின் அழுத்தத்தின் அளவை அதிகரிக்கும்.

மின்னலுக்கு ஆட்படும் மின் பாதைகளில் எதிர்

வினைப்பிகளால் ஏற்படும் மின்னழுத்த எதிரொளிப்பு மின்னல் தாங்கிகள் அல்லது தடம் மாற்றி மின் தடையங்களால் குறைக்கப்படுகின்றன.

தடம் மாற்றி எதிர் வினைப்பி. இவ்வகை எதிர் வினைப்பிகள், மிகக் கூடுதலான மின் தூண்டம் கொண்டிருக்கும் காற்று இடைவெளியுள்ள காந்த உள்ளகங்கள் மீது கம்பிச்சுருள்கள் சுற்றப்பட்டிருக்கும் வகையாகும். சுருள்களில் மின் தூண்டத்தைக் கூட்டவும், குறைக்கவும் நகர்த்திகள் இருக்கும்.

தடம் மாற்றி வினைப்பிகள், பொருத்தப்பட்ட மின்பாதையின் ஏற்று மின்னோட்டத்தை நடுநிலைப் படுத்தப் பயன்படுகின்றன. அவற்றின் வடிவமைப்பும் மின்காப்பும், மின் மாற்றிகள் போன்றே இருக்கும்.

-நா. தியாகராஜன்

எதிர் வெப்பநிலை

இது குறிப்பிட்ட சில வரைமுறைகளை நிறைவு செய்யும் வகையிலமைந்த வெப்பவியக்கவியலமைப் பொன்றின் (thermodynamical system) பண்பாகும். எதிர் வெப்பநிலைகளைப் பெறுவதற்குப் பல அடிப் படைத் தேவைகளை நிறைவு செய்யவேண்டும். கெல்வின் சுழி வெப்பநிலையை எவ்வகை முயற்சியாலும் அடைய முடியாதது அனைவருக்கும் தெரிந்ததே. எனவே, எதிர் வெப்பநிலைகளை அடைவதற்கு ஈறிலா வெப்பநிலைகள் வழியாகச் செல்லுதல் வேண்டும். அதாவது, எதிர் வெப்ப நிலைகள் சுழி வெப்ப நிலையைவிடக் குளிர்ச்சியானவைகளல்ல. மாறாக, ஈறிலா வெப்பநிலைகளை விட வெப்பம் மிகுந்தவையேயாகும்.

அணுக்களின் இயக்க ஆற்றலை மட்டுமே பெற்றுள்ள அணு அமைப்புகளைப் பொறுத்த வரையில் எதிர் வெப்பநிலையென்பது கற்பனைக் கருத்தே. ஏனெனில்

$$\frac{m\bar{v}^2}{2} = kT$$

என்ற சமன்பாட்டின்படி T இன் மதிப்பு எதிர்மறை யாதல் முடியாததாகும்.

துகள்களின் ஆற்றல் வழிப் பங்கீட்டிற்கு வெப்ப நிலைகளே அடிப்படையானவை என்ற கருத்தை ஏற்றால் எதிர் வெப்பநிலைகளை அடைய முடியும் என்பதை உணரலாம்.

போல்ட்ஸ்மன் சமன்பாட்டின்படி

$$\frac{n}{n_o} = e^{-w/kT}$$

இதன்படி T யின் மதிப்பு நேர்மமாகவோ (positive), எதிர்மமாகவோ அமையலாம். n = w அளவு ஆற்றல் பெற்ற துகள்களின் எண்ணிக்கை; n_o = தொடக்கத்தில் குறிப்பிட்ட ஆற்றலோடு இருந்த துகள்களின் எண்ணிக்கை; k = போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி;

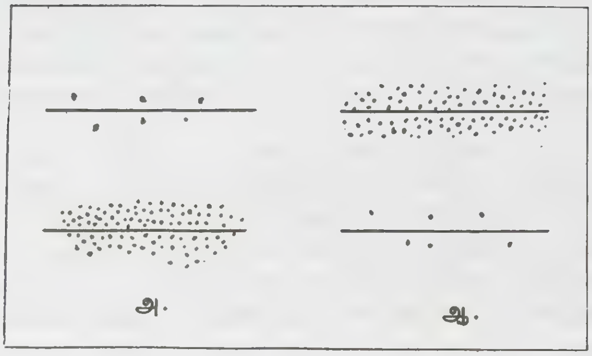
T = கெல்வின் வெப்பநிலை. n இன் மதிப்பு n_o வின் மதிப்பைவிட மிகும்போது, T இன் மதிப்பு எதிராகிறது. இம் முடிவைத் தொன்மை இயற்பியல் அடிப்படையில் ஏற்கவியலாது. இயல்பாற்றல் (entropy) தத்துவத்தோடு குவாண்டம் இயற்பியல் அணுகுமுறையால்தான் இதனைப் புரிந்துகொள்ள முடியும்.

ஓர் அமைப்பிற்கு ஆற்றல் கொடுத்து அதன் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதாகக் கொள்ளலாம். அமைப்பின் துகள்கள் இதன் பயனாக ஆற்றலின் மேல்நிலைகளுக்குத் தாவுகின்றன. எனவே, வெப்ப நிலையை உயர்த்த உயர்த்த மேல்நிலைகளில் துகள்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் வந்தடையும். இதன் விளைவாக அமைப்பின் ஒழுங்குமுறை குறையும். அதாவது, அமைப்பின் இயல்பாற்றல் அதிகரிக்கும். அனைத்து ஆற்றல் நிலைகளிலும் துகள்கள் சீராகப் பரவும் நிலையில் இயல்பாற்றலின் மதிப்பு பெருமமாகவும் ஒழுங்கின்மையாகவும் (disorder) மீ உயர்வாகவும் இருக்கும். இந்நிலையில் $n = n_0$ அல்லது $T = \infty$. ஆனால் குவாண்டம் அமைப்பில் $T = \infty$ ஈறிலி(!)என்பதைப் பெற முடியாது. ஏனெனில், n_o வின் மதிப்பு ஈறிலாதது. அதே சமயத்தில் துகள்களின் எண்ணிக்கை வரையறைக் குட்பட்டது. இயல்பாற்றலின் அளவு ஓர் உச்சத்திற்குட்பட்டு மிகுகிறது.

குவாண்டம் அமைப்பொன்றைச் சான்றாகக் கொள்ளலாம். இதில் உள் ஆற்றலுக்கு (internal energy) மேல்வரம்பு உண்டு. ஆற்றல் நிலைகளின் எண்ணிக்கையும் வரையறைக்குட்பட்டதே. மேலும் இவ்வகை அமைப்பில் மொத்த ஆற்றலின் இயக்க ஆற்றல் தவிர்க்கப்பட்டதாகும். எனவே, இவ்வகை அமைப்பிற்கு மேற்கூறிய கருத்துகள் பொருந்தும்.

இத்தகைய ஓர் அமைப்பில் தனிச்சுழி வெப்ப நிலையில் எல்லாத் துகள்களும் சிறுமமான (minimum) ஆற்றல் நிலையில் அமைந்திருக்கும். இந்நிலையில் அமைப்பின் இயல்பாற்றலும் சுழி மதிப்புக் கொண்டதாகும்.

படம் - 1 இல் இரண்டு ஆற்றல் நிலைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. துகள்களின் எண்ணிக்கை வரையறுக்கப்பட்டது போல் ஆற்றல் நிலைகளின் எண்ணிக்கையும் வரையறைக்குட்பட்டதே. நெடு நேரத்திற்குப்பின் துகள்களின் ஆற்றல் பங்கீடு சீராக அமையும். ஒரு மீஉயர் வெப்பநிலையும் மீ உயர் இயல்பாற்றலும் இந்நிலையைக் குறிக்



படம் 1. அ. ஆ.

கும். ஆற்றல் மீஉயர்வானதாயினும் ஈறிலியன்று. எனவே, இயக்க ஆற்றலின் மதிப்பை வெப்பநிலையால் கணக்கிடலாம் என்ற கருத்து நிறைவேறாது.

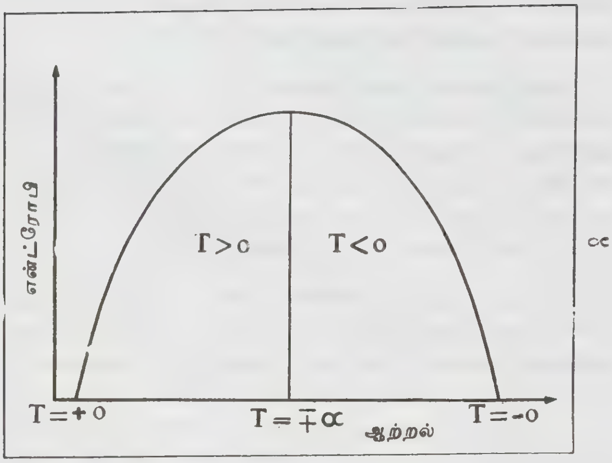
இந்நிலையில் அமைப்புக்குள் மேலும் ஆற்றல் செலுத்தப்படும்போது ஆற்றலின் மேல்நிலைகளில் துகள்களின் எண்ணிக்கை, கீழ் நிலையிலுள்ளதை விட அதிகமாகிறது. ஆற்றலின் அளவு அதிகரிக்கும் போது அதிக எண்ணிக்கையில் துகள்கள் மேல் நிலைக்குத் தாவுகின்றன. அதாவது துகள்களின் பங்கீடு சீரான நிலையிலிருந்து சரிவு பெறுகின்றது. ஒழுங்கின்மையிலிருந்து ஒழுங்கு அமைப்பு வரத் தொடங்குகிறது. சுருங்கச் சொல்லின் ஆற்றல் அதிகரிப்பிற்கேற்ப இயல்பாற்றல் குறைகிறது. இவ் விளைவுதான் எதிர் வெப்பநிலையின் மூலக்கரு. எல்லாத் துகளும் மீஉயர் வெப்பநிலையைப் பெறும் பொழுது அமைப்பு ஓர் ஒழுங்கமைப்பாக மாறுகிறது.

முழு ஒழுங்கு நிலை (OK) முழு ஒழுங்கின்மை நிலை (T= $\pm\alpha$K) முழு ஒழுங்கு நிலை (—OK) என மூன்று முக்கிய நில்லைகள் உண்டு.

அமைப்பைக் குளிர்வித்துத் தனிச் சுழிக்குக் கொண்டு செல்வது இயலாது. எதிர்வெப்ப நிலைகளை அடைவதற்கு அமைப்பைச் சூடேற்றி ஈறிலா வெப்ப நிலைக்கும் மேல் அதிகரிக்க வேண்டும்.

எதிர் வெப்பநிலை மிகவும் நிலையற்றது. ஏனெனில் எல்லாத் துகள்களும் மீயுயர்-ஆற்றல் நிலையிலேயே இருக்க வேண்டுமாதலால், தொடர்ச்சியாக அமைப்புக்குள் ஆற்றலைச் செலுத்திக் கொண்டேயிருத்தல் இன்றியமையாததாகிறது. இதன் அடிப்படையில் தான், எதிர் வெப்பநிலைகள் அடைய முடியாதவை என்ற கருத்து நிலவி வந்தது.

எனவே, எதிர் வெப்பநிலைகள் நேர் வெப்ப நிலைகளைவிட மீஉயர்வானவையே. எதிர் வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் நேர் வெப்ப நிலையி



படம் 2.

லமைந்த பொருளுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்தும். வெப்பக்கடத்தல் எதிர்த் திசையில் நடைபெறும். மற்ற அமைப்பு அனைத்தினின்றும் தொடர்பேதுமில்லாமல் தனித்திருக்க வேண்டும். இவ்வகை அமைப்பு இயற்கையில் அமையாது. மேசர் மற்றும் லேசர் கருவிகளில் மேற்கூறிய கருத்துகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. எதிர் வெப்ப நிலையிலிருந்து நேர் வெப்ப நிலைக்கு நடை பெறும் வெப்பக் கதிர்வீச்சை மேல் குறித்த கருவிகளில் நடைமுறையில் பயன்படுத்துகிறார்கள்.

வெப்பவியல் இரண்டாம் விதிக்கான பிளாங்க்-கெல்வின் கூற்றைப் பின் வருமாறு கூறலாம்.

தொடர்ந்து மாறாத வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப மூலத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றுவது என்ற ஒரே விளைவையே முடிவாகப் பெற்றுள்ள மாற்றத்தைப் பெறுவது என்பது இயலாதது. வெப்பவியக்கவியல் கோட்பாடுகளை எதிர் வெப்பநிலைகளுக்குப் பயன்படுத்தும் போது மேற்கூறிய கூற்றுடன் மேலும் சில கருத்துகளைச் சேர்ப்பது இன்றியமையாததாகிறது. இரண்டாம் விதியின் தொடர்பான மற்றைய எல்லாக் கோட்பாடுகளும், ஏனைய வெப்பவியக்க விதிகளும் எதிர் வெப்ப நிலைகளுக்குப் பொருந்துவனவாகும்.

- வே. நாராயணசாமி

எதிரொலி

ஒரு திசையில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒலி பெருஞ்சுவர், குன்று போன்ற பொருள்களால் தடைப்பட்டு

மீண்டு வரும்போது அது எதிரொலி (echo) எனப் படுகிறது. இது உருவாக ஒலியைத் தடுக்கக்கூடிய தடைப்பொருள் ஒலியை உட்கவராத தன்மையைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். ஒலியை உண்டாக்குபவர் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிற்குத் தள்ளி நின்றுகொண்டு ஒலியை உண்டாக்க வேண்டும். ஒலியை உண்டாக்கு பவர் ஒரு கிலோ மீட்டர் தொலைவில் இருந்து கூர்மையான ஒலியை எழுப்பினால் அவ்வொலி தடைப்பொருளுக்குச் சென்று அடைந்து மீண்டு வர இரண்டு கிலோ மீட்டர் தொலைவு கடந்து வர வேண்டியிருக்கும். 0°C இல் ஒலியின் வேகம் ஒரு நொடிக்கு 330 மீட்டர் ஆகும். எனவே ஏறக்குறைய ஒரு கிலோ மீட்டர் தொலைவு ஒலி செல்வதற்கு மூன்று நொடி எடுத்துக்கொள்கின்றது. எனவே, ஒலி எழுப்பியவர் அதனுடைய ஒலியைக்கேட்க ஆறு நொடிகள் காத்திருக்க வேண்டும். ஆறு நொடி களுக்குப்பின் அவர் எழுப்பிய ஒலியை எதிரொலி யாக மீண்டும் அவர் கேட்க முடியும். எதிரொலி கூர்மையான தெளிவான ஒலியை மட்டும் தெளிவாக எதிரொலிக்கிறது. சுருதி குறைந்த ஒலி, உணரத்தக்க எதிரொலிப்பை ஏற்படுத்தாது.

ஒலியின் வேகம் நொடிக்கு 330 மீட்டர் ஆகை யால், $\frac{1}{10}$ நொடியில் ஒலி செல்லும் தொலைவு — 33 மீட்டர் ஆகும். எனவே, ஒலியை எழுப்பி அதைக் கவனிக்கும் நிலையில் உள்ளவர் குறைந்து 16.5 மீட்டர் தொலைவில் இருந்தால்தான் ஒரு கூர்மையான எதிரொலியை அவர் தெளிவாகக் கேட்க முடியும். வெப்பம், ஈரப்பதன் முதலியவற்றில் ஒலியின் வேகம் மாறுபடக்கூடியதாகையால், அதற் கேற்றவாறு இந்தத் தொலைவு மாறக்கூடும். நாம் பேசும் விரைவிற்கேற்ப எதிரொலியில் சொற்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக் குழப்பம் அடையாமல் இருக்க, சரியான தொலைவைத் தேர்ந்து எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். ஒரு நொடியில் 2 சொற்களைப் பயன்படுத்தினால் இடைத்தொலைவு 66 மீட்டர் ஆகவும், 3 சொற்களைப் பயன்படுத்தினால் 99 மீட்டர் ஆகவும் நாம் தேர்ந்து எடுத்துக் கொள்வது நல்லது. சில பெரிய கட்டடங்களிலும், தொலைவில் உள்ள சுவர்களிலும் நேரடியான ஒலியைவிட எதிரொலித்து வருகிற ஒலி மிகவும் தெளிவாக இருக்கும். இந்த எதிரொலிப்பின் பயனால் பெரிய அரங்குகளை அமைக்கும் போது குறைந்த ஆற்றல் கொண்டு ஒலியை அனைவரும் கேட்கும்படி மிகவும் செப்பமாக அமைக்கவேண்டும். எதிரொலிப்பின் பயன்களில் முக்கியமான ஒன்று கடலில் ஆழம் காண லாகும். மேலும் கடலில் உள்ள குன்று, மலை, உடைந்த கப்பல் முதலியவற்றைத் தொலைவில் இருந்து தெரிந்து கொள்ளவும், புவி அடியில் அமைந் துள்ள கனிமப் பொருள்கள், எண்ணெய் ஊற்று கள் இவற்றை அறியவும், புவிப் பொறியியல் ஆய்வு அறிஞர்கள் எதிரொலியைப் பயன்படுத்தி வெற்றி கண்டுள்ளனர்.

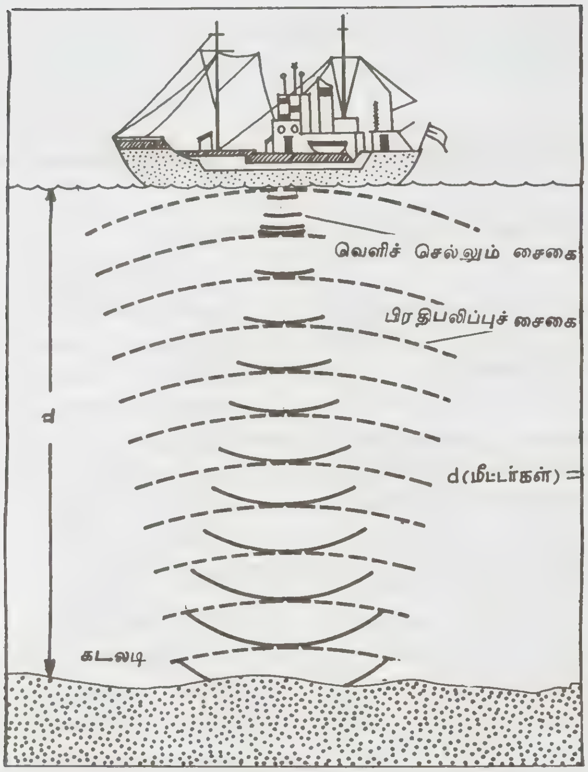
- மா. பூங்குன்றன்

எதிரொலி முறை ஆழங்காணல்

இம்முறை கடலின் ஆழத்தில் ஒலியைச் செலுத்தி, அங்குள்ளபொருள்களில் பட்டுத் திரும்பும் ஒலியான எதிரொலியைப் பதிவு செய்து, அதன்மூலம் கடலடியில் உள்ள பொருள்களின் தன்மை, பரு மனளவு, பரவியுள்ள இடங்கள் ஆகியவற்றை அறிய உதவுகிறது. இவ்வித ஆய்வுக்கான கருவி எதிரொலி ஆழமானி (echosounder) எனப்படும். இது கடற் படையினருக்கும், மாலுமி, மீன்பிடி தொழிலாளர் ஆகியோருக்கும் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

எதிரொலி ஆழமானி. 1919 இல் முதல் எதிரொலி ஆழமானி உருவாக்கப் பட்டது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் கடற்படைப் பொறியியல் ஆய்வகத்தில் உருவாக்கப்பட்ட இந்த ஆழமானி ஹேயஸ் ஒலி ஆழமானி எனப்பெயரிடப்பட்டது. இக்கருவியில் கடலடித்தளத்துக்கு ஒலி அலைகளை அனுப்பி அவற் றின் பிரதிபலிப்பை மீளப்பெறும் ஒரு மின்காந்தக் கருவியும் அதன்மூலம் ஆழத்தைக் குறிப்பிடும் ஒரு நேரங்காட்டியும் இருந்தன. இந்த நேரங்காட்டி, கடல்நீரில் ஒலி செல்லும் அடிப்படை வேக அளவான ஒரு நொடிக்கு 4800 அடி வீதம் செல்வதை மதிப் பிடும் அளவில் அமைக்கப்பட்டிருந்தது. 1927 இல் நீர்மூழ்கிச் சைகை நிறுவனத்தினரும், ஆழமானி (fathometer) என்னும் பெயரில் இது போன்ற கருவி யைத் தயாரித்தனர். பின்னர் எதிரொலி ஆழமானி யின் மாதிரி உருவமைப்பில் நவீன மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டன. ஆயினும் இந்த ஆழ மானியில் பழைய தத்துவமே எவ்வித மாற்றமுமின்றிப் பின் பற்றப்பட்டது.

எதிரொலி ஆழமானி பின்வரும் மூன்று செய் முறைப் பகுதிகளைக்கொண்டிருக்கும், (1) கப்பலின் அடிப்பகுதியில் பொருத்தப்படும் நுண்ணிடை இயக்க மானி (transducer) என்னும் பகுதி மின்னாற்றலை ஒலியாற்றலாகவோ ஒலியாற்றலை மின்னாற் றலாகவோ மாற்றவல்லது. 2) ஊடனுப்பி (trans-mitter) என்னும் பகுதி மிகுந்த அளவில் மின்னாற் றலை உண்டாக்கி அதன் மூலம் நுண்ணிடை இயக்க மானியைச் செயல்படச் செய்கிறது. (3) ஏற்பான்-குறிப்பான் (receiver indicator) என்னும் பகுதி மிக மெல்லிய எதிரொலிகளை வலுவாக்குவதால் அவ்வலுவான எதிரொலிகளை நுண்ணிடை இயக்க மானி பெற்று, அவற்றைப் பார்ப்பதற்கும் கேட்பதற் கும் ஏற்றவாறு தெரிவிக்கின்றது. இதனால் ஆழமும்

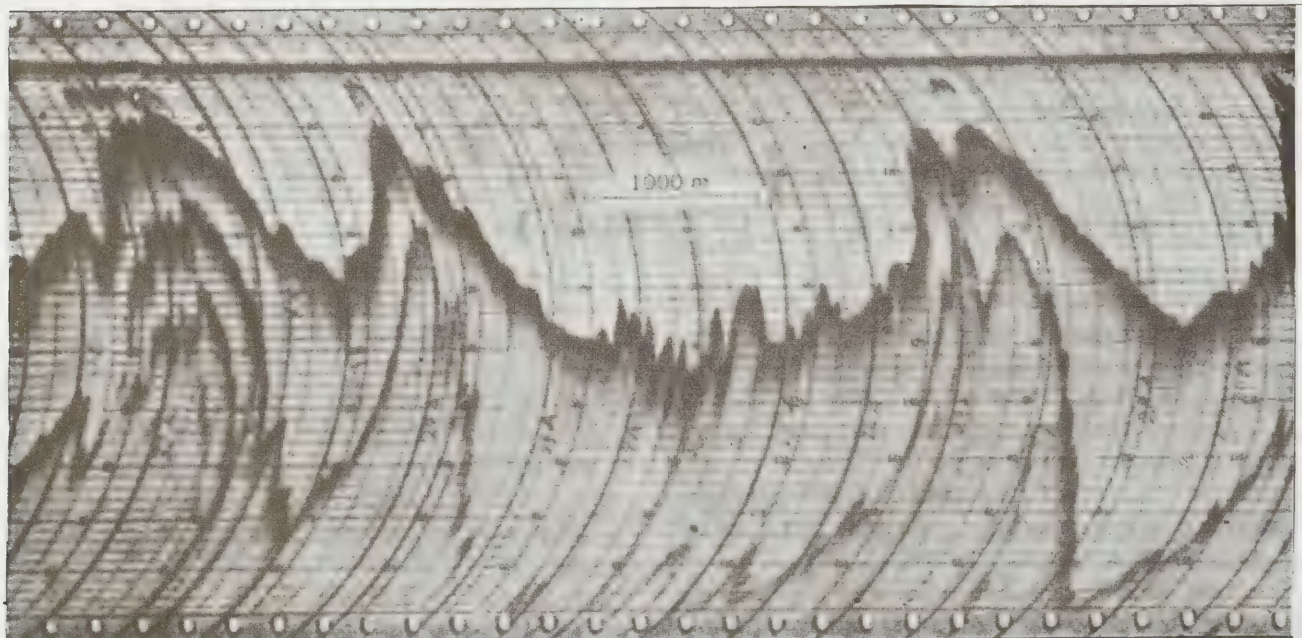


$$d\ (\text{மீட்டர்கள்}) = \frac{\text{ஒலிசெல்லும் காலம்} \times 1460\ \text{மீ செகண்ட்}}{2}$$

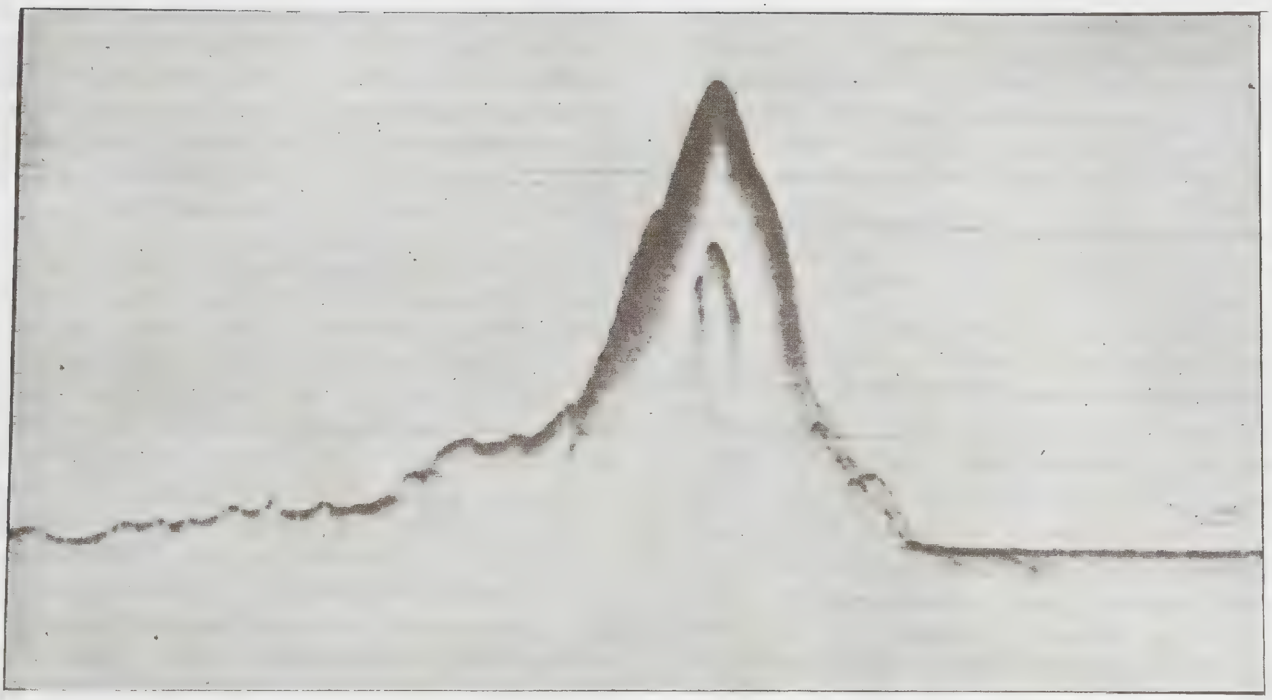
கப்பலில் எதிரொலி ஆழமானியினால் கடல் ஆழம் காணல்

ஒலி அலைகள் மூலம் ஊடனுப்பப்படும் காலமும் உணர்த்தப்படுகின்றன.

எதிரொலி ஆழமானியை இயக்கும் முறை எளிது. ஊடனுப்பி, வலுவாக்கப்பட்ட மின்னாற்றலை நுண்ணிடை இயக்கமானிக்கு அளித்தால், அது அந்த மின்னாற்றலை ஒலியாற்றலாக மாற்றி அந்த ஒலிய லையை நீரில் கீழ்நோக்கிச் செலுத்துகிறது. அது கடலடித்தளத்தைத் தொட்டதும் அங்கிருந்து எதி ரொலிக்கப்பட்டுப் பின்னர் நுண்ணிடை இயக்கமானி யினால் ஏற்கப்படுகிறது. அங்கு அந்த எதிரொலி மின்னாற்றலாக மாற்றப்பட்டு, வலுவாக்கப்பட்டு, ஏற்கும் பகுதியினால் பெறப்பட்டுத் தெரிவிக்கும் பகுதிக்கும் செலுத்தப்படுகிறது. தெரிவிக்கும் பகுதி யில், அடிகளாக அல்லது ஆறடிஅலகுகளாக (fathoms) அளவிடப்பட்ட வட்டமான அளவை முகப்பும், அதனைச் சுற்றிலும், நீரில் ஒலிபாயும் வேகத்திற் கேற்பச் சுழற்சியடையும் ஒரு நியான் விளக்கும் உள்ளன. எதிரொலி ஆழமானி முற்றிலும் தானியங்கி யாகச் செயற்பட்டு அளவை முகப்பின் ஒவ்வொரு சுழற்சியின் போதும் ஆழத்தை அளவிட்டுக் காட்டு கிறது. எதிரொலி ஆழமானியைக் காலவரையறை யின்றி எவ்வளவு காலத்திற்கும் இயக்கலாம். இத னால், ஒவ்வொரு மணி நேரத்திற்கும் ஆயிரக்கணக் கான ஒலிகள் உண்டாவதால், அவற்றின் மூலம் பல வித ஆழ அளவுகளும் குறித்துக்காட்டப்படுகின்றன. கப்பல் தரை தட்டிவிடாமல் கடலில் பத்திரமா



ஆழ்கடல் எதிரொலி வரைபடம்



ஆழம். ஃபேதம்ஸ் 1 ஃபேத்தம் = 1.8

ஆழ்கடலில் மலைமுகட்டின் எதிரொலி வரைபடம்

இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்வதற்கு ஏற்றவாறு அவ்வப்போது ஆழ அளவைக் காட்டுதலே எதிரொலி ஆழமானியின் முக்கிய பணி ஆகும். இதனால் கடற் படையினர் கடலடியில் உள்ள எதிரிகளின் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக்கண்டுபிடித்து அழிக்க இயலும். எனவே கடற்படைகளின் கப்பலைச் சீராக இயக்கவும் இது முக்கியமானது. கடலடித்தளத்தின் தன்மைகளை அறிந்து இதுவரை கண்டறியப்படா மேடு, சிகரம், பவழப் பாறை, மீன்கூட்டம் போன்றவற்றைக் கண்டு பிடிக்கவும் இதனால் மீன்பிடிதொழிலுக்கும், அதனால் வருவாய்ப் பெருக்கத்திற்கும் இது பெரி தும் பயன்படுகிறது.

விலங்கு இருப்பிடங்களை அறிதல். கடலடியில் விலங்குக் கூட்டங்கள் உள்ள இருப்பிடங்களைப் போலி அடித்தளங்கள் (false bottoms) புனைவுருத் தோற்ற அடித்தளங்கள் (phantom bottoms), ஆழ்சி தறடுக்குகள் (deep scattering layers) என்னும் சில பெயர்களால் குறிப்பிடுகின்றனர். எதிரொலி ஆழ மானியால் பதிவு செய்யப்பட்ட இந்த இருப்பிடங் களை, ஆழத்திலுள்ள நீர்மூழ்கிக் கப்பலிலிருந்து புகைப்படம் எடுத்துப்பார்த்தபோது, அவற்றிலுள்ள விலங்கினக்கூட்டங்கள், அவற்றின் உருவ அளவுகள், அவை பரவியுள்ள எல்லையின் பரப்பு ஆகியவற்றை அறிய முடிந்தது. பெரும்பாலும் மீன்களும், திமிங்கலங்களும் இதுபோல் எதிரொலிகளைப் பிரதி பலிக்கவல்லவை என்று அறியப்பட்டது.

பகல் நேரத்தில் ஆழ்சிதறடுக்குள் 600 - 1000 மீட்டர் ஆழங்களில் காணப்படுகின்றன. இரவு நேரங்களில் இந்த அடுக்குகள் மேல் நோக்கி நகர்வது ஒரு செங்குத்து வலசை போன்றதாகும். இவ்வாறான ஒலிச்சிதறடுக்குகள் மிகுதியாகப் பரவி யிருத்தலைக் கொண்டு, சிறிய மீன்கள் அகன்று பரவிய அடுக்கில், மிக நெருங்கிய அடர்த்தியான கூட்டங்களாகச் சேர்ந்துள்ளதை உணரலாம். இவ்வாறு சேர்ந்துள்ள மீன்கள் காற்றுப்பைகளை அல்லது நீந்தும் பைகளைக் கொண்டுள்ளவையாக உள்ளமையால், அந்த எதிரொலி, மீன்களின் காற்றுப் பைகளால் உண்டாக்கப்பட்டதென அறியலாம். இத்தகைய மீன்களைக் கொண்டுள்ள ஒலிச்சிதறடுக்கு களின் பரவல், கடலின் வெப்பமற்ற அழுத்தம் மொத்தத்தில் மிகக்குறைவு என்றும், ஆனால் ஒரே கூட்டத்திலுள்ள சூழ்நிலையொத்த அழுத்தும் (ecological density) மிகுதியாக இருக்கலாம் என்றும் அறிய உதவும்.

உட்ஹோல் கடலியல் நிறுவனத்தைச் சேர்ந்த பாக்கஸ் குழுவினர் வடஅட்லாண்டிக் கடலின் மேற்குப்பகுதியில் ஒரு கப்பலிலிருந்து எதிரொலி ஆழமானியால், ஆழ்கடலில் உள்ள ஒரு மீனினக் கூட்டத்தின் இருப்பிடத்தைப் பதிவு செய்தனர். அதேநேரத்தில். ஒரு நீர்மூழ்கிக் கப்பலிலிருந்து அந்த

அடித்தளத்தைப் புகைப்படம் எடுத்தனர். அதில் செரடோஸ்கோபிலஸ், மேடரன்சிஸ் என்னும் சிறிய மீனின் சில கூட்டங்கள் ஒவ்வொன்றும் 5-10 மீட்டர் பருமனும்10-100 மீட்டர் விட்டமுமாகப்பரவியிருந்த தும், இரு கூட்டங்களின் மையங்களுக்கிடையே 100-200 மீட்டர் இடைவெளி இருந்ததும் கண்டறியப் பட்டன.

அக்கூட்டங்களிலிருந்து சேகரிக்கப்பட்ட மீன்கள் சராசரியாக 6 சென்டி மீட்டர் நீளமுடையவை. ஒரு மீனினக் கூட்டத்திலிருந்த அடர்த்தி ஒரு கனமீட்டருக்கு 10-15 மீன்கள் ஆகும். இப்புகைப் படங்கள் எதிரொலி முறையில் ஆழங்காணலாம். கடலடியில் உள்ள விலங்கு இருப்பிடங்களின் தன்மை, அளவு, பரவியிருக்கும் எல்லை ஆகியவற்றை அறிவதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகளாக அமை கின்றன.

1949 ஆம் ஆண்டு மார்ச் மாதம் 7 ஆம் நாள் பிற்பகலில் ப்யூர்டோரீகோ என்னும் இடத்திலிருந்து 170 கல் தொலைவிலுள்ள கடலின் ஆழமான பகுதி யின் மேல் அட்லாண்டா என்னும் ஆய்வுக்கப்பல் மிதந்து கொண்டிருக்கும்போது, மேற்பரப்பினின்றும் 5 கிலோ மீட்டர் ஆழத்திலிருந்து பலத்த ஒலிகள் கேட்டன.

இவ்வொலிகளின் சுருதி (pitch) ஒரு செகண்டுக்கு 500 சுழல்கள் என மதிப்பிடப்பட்டது. இதனை ஆய்வுசெய்தபோது, கடலின் 3½ கி.மீ. ஆழத்திலிருந்து மீன் எழுப்பிய ஒலி, கடலடித்தளத்தில்பட்டு எதிரொலிக்கப்பட்டுச் சிறிது தாமதமாகக் கப்பலின் ஆய்வகக்கருவிகளை அடைந்தது என உணர்ந்தனர். தொடர்ந்து செய்யப்பட்ட ஆய்வுகளினால் இவ் வொலி, இனப்பெருக்கத்துக்காக இருபால் விலங்குகளைச் சேரச் செய்வதற்காகக் கூட்டங் கூட்டுதலுக்காகவோ தம்மை நெருங்கிவரும் ஆபத் தான எதிரிகளுக்குத் தமது ஒற்றுமையுணர்வினால் திகைப்பூட்டவோ பயன் படுவதாக அறியப்பட்டது. கிழக்கு அட்லாண்டிக் கடலில் வாழும் பொகோனி யாஸ் எனப்படும் முரசு மீனினால் (drum fish) உண்டாக்கப்பட்ட ஒலிதான் மிகப்பலத்த பேரொலி யாகும். மெய்கர் என்றழைக்கப்படும் சியானா மீனின் சீழ்க்கையொலி கடற்பரப்பில் சங்கு ஊதுதல்போல் ஒலிக்கிறது. சைலூராய்டு மீன்களில் முள்ளெலும்பு களும் டயோடான் மீனின் முள்களும் எழுப்பும் ஒலி எச்சரிக்கை ஒலியாகும். எருதுத்தலைமீன் எனப்படும் காட்டஸ் மீனில் செவுள்மூடியும், மூளியன்களில் தோள்வளையமும், கானாங்கெளுத்தி, சூரிய மீன் ஆகியவற்றின் பற்களும், கெளுத்தி மீன்களில் காற்றுப் பைகள், தாடைகள், ஆகியவையும் ஒலி எழுப்பு கின்றன. காற்றுப்பைகளைச் சில சிறப்புத்தசைகளால் தட்டி ஒலி எழுப்புதல் முரசொலி போன்றுள்ளது. சில மீன்கள் பற்களை நறநறவென்று கடித்தலால் ஒலி எழுப்புகின்றன. சில தமது அகன்ற செதில்களை உரசி 'கிளிக்' என்னும் ஒலியை எழுப்புகின்றன. சில மீன்களின் ஒலி கீச்சொலியாகவும் சிலவற்றில் வெடி யோசைபோன்றும் சிலவற்றில் குழலோசைபோன்றும் உள்ளன. இவ்வொலிகள் கடலடியில் பட்டு எதி ரொலித்தலைப் பதிவு செய்வதால், அம்மீன்களின் இருப்பிடங்களையும், பழக்கங்களையும் அறிந்து மீன்பிடிதொழிலை நன்கு பெருக்கலாம்.

திமிங்கிலங்களை அறிதல். திமிங்கலங்களின் பல் வேறு ஒலிகளையும், அவற்றை எதிரொலியால் ஆழங்காணல் மூலம் பதிவு செய்தலையும் விரிவாக ஆராய்ந்துள்ளனர். நீள்மூக்குத் திமிங்கிலங்கள் எழுப் பும் ஒலிகள் அவற்றுக்குள் உரையாடுதல் போல் தொடர்ச்சியாகக் கேட்கப்பட்டுள்ளன. சீசா மூக்குத் திமிங்கிலம் கிளிக் என்னும் ஒலி, உறுமும் ஒலி, குரைக்கும் ஒலி, கீச்சொலி ஆகிய பல ஒலி களைப் பலவிதக் குரல்களில் ஒரு செகண்டுக்கு 1,50,000 -1,55,000 சுழல்கள்வரை எழுப்புகின்றது, இத்திமிங்கிலம் அமைதியாக நீந்திக்கொண்டிருப்பி னும் இதன் ஒலிப்பான் (sonar) கைதட்டுதல் அல்லது கரவொலிபோல் விரைவாகத் தொடர்ந்து ஒரு செகண்டுக்கு 15 முதல் நூற்றுக்கணக்கான ஒலி களை எழுப்புகிறது. நீர்ப்பரப்பில் ஏற்படும் மிகச் சிறிய நீர்ச்சிதறலைக் கூட அது உடனே உணர்ந்து பேரொலி எழுப்புகிறது. எவ்வளவு கலங்கிய நீரானாலும், அதில் வைக்கப்பட்ட சிறுமீனை, ஓசை யால் பின்பற்றிப் பிடிக்கிறது.

உட்ஷெல் கடலியல் ஆய்வு நிறுவனத்தைச் சேர்ந்த இரு ஆய்வாளர்கள் கடலின் ஒரு சிறு பரப்பில் நாற்புறமும் வேலியிட்டுத் தயாரித்த வேலிக் கழிமுகத்தில் நீந்திய திமிங்கிலத்தின் கீச்சொலி, கிளிக் ஒலி ஆகியவற்றையும் வன்மையான நற நறக்கும் ஒலியை உண்டாக்கியதையும் எதிரொலி ஆழமானியில் பதிவு செய்தனர்.

- ப. சீத்தாராமன்

எதிரொளிப்பு அளவி

ஒளியியல் எதிரொளிப்பு மானிக்கு ஒளி கடத்தல் மானி (transmissometerl) எனவும் பெயருண்டு. இதில் ஒரு தொகு கோளமும் (intergrating sphere) மின்னழுத்தத்தில் படல மின்கலங்களும் (barrier layer cells) உள்ளன. தொகு கோளம் என்பது இரு உள்ளீடற்ற அரைக் கோளங்களால் உருவான உல்பிரிச்ட் (ulbricht) கோளமாகும். கோள வடிவ மில்லாமல் வேறு பன்முகக் கூடுகளையும் இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். அவற்றின் உட்புறங்கள் வெள்ளைப்

பூச்சுப் பூசப்பட்டு ஒளியைக் கலக்கி எதிர் பலிக்கிற தன்மை கொண்டவையாக இருக்கும். இவ்வாறு பல நிற ஒளிகள் கூட்டப்படுவதன் காரணமாக இவை தொகு கோளங்கள் எனப் பெயர் பெற்றன. வெளியே உள்ள ஒரு மூலத்திலிருந்து கூட்டின் சுவரில் உள்ள ஒரு திறப்பு வழியாக ஒளியைக் கோளத்திற்குள் செலுத்தலாம் அல்லது ஒளி மூலத்தைக் கோளத் திற்குள்ளேயே அமைத்துக் கொள்ளலாம். ஒரு தகுந்த ஒளி அளவி முனையின் (photometric head) உதவியால் தொகுக்கப்பட்ட ஒளியின் செறிவு அளக்கப்படும்.

மதில் படல மின்கலத்தில் கண்ணுக்குப் புலனாகும் அலைநீளமுள்ள ஒளிவிழும் போது சுமார் ஒன்று அல்லது இரண்டு மைக்ரோ ஆம்பியர் ஆடிவத்தி என்ற அளவில் சிறிய மின்னோட்டங்கள் தோற்று விக்கப்படுகின்றன. ஒரு மைக்ரோ அம்மீட்டர் அல்லது கால்வனா மீட்டரின் உதவியால் இந்த மின்னோட்டம் அளவிடப்படும். நவீனமான மதில் படல மின்கலங்களில் பொதுவாகச் செலீனியம் ஒளியுணர் பொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஓர் எதிரொளிப்புப் பரப்பில் ஓர் ஒளிக்கற்றை படும்போது அதிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படுகிற மொத்த ஒளியை அளவிட்டு அந்த அளவை ஒரு செந்தரப் பரப்பிலிருந்து எதிரொளிக்கப்படுகிற மொத்த ஒளியோடு ஒப்பிடுவதன் மூலம் அப்பரப்பின் எதிரொளிப்புத் திறன் (Reflectance) மதிப்பிடப் படுகிறது. ஒரு பொருளின் ஒளி கடத்துந் திறனைக் கண்டுபிடிக்க அப்பொருளை இரண்டு உல்பிரிச்ட் கோளங்களுக்கு இடையில் உள்ள திறப்பில் வைக்க வேண்டும். ஒரு கோளத்தில் ஒளி மூலமும் மற்ற கோளத்தில் ஒளியை அளவிடும் கருவியும் இருக்கும்.

நுண்ணலை எதிர்பலிப்புமானி. இது ஓர் அலை வழிநடத்தியில் இருதிசைகளிலும் பாய்கிற திறனை அளவிடப் பயன்படுகிற ஒரு வகைத் திசைத்தன்மை இணைப்பி (directional coupler) ஆகும். அலைவழி நடத்தியின் இரு முனைகளுக்கும் எதிரில் தக்க முறையில் நிலைப்படுத்தப்பட்ட இரண்டு ஒற்றைத் துலக்கி இணைப்பிகள் (Single detector Couplers) இதற்குப் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் ஒன்று கடத்தப்பட்ட திறனைக் கண்காணிக்கும் வகையிலும் மற்றது பாதையில் இருக்கக் கூடிய ஒரு தொடர் பின்மையிலிருந்து(discontinuity) எதிர்பலிக்கப்பட்டுத் திரும்பி வருகிற திறனை அளவிடும் வகையிலும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அலைவழி நடத்தியில் ஒரு திசையில் பாய்ந்து கொண்டிருக்கிற ஆற்றலில் ஒரு சிறிய பின்னம் சீராக இரண்டு இணைப் பிகளுக்கும் கிடைத்துக்கொண்டிருக்கும். அலை வழி நடத்தியின் நீள வாக்கில் கால் அலை நீள இடை வெளியில் அமைந்த இரண்டு சிறிய துளைகளின் மூலமாக இந்த ஆற்றல் வெளிப்பட்டு இணைப் பிகளுக்கு வரும்.

- கே.என். இராமச்சந்திரன்

எதிரொளிப்பு அளவி, நுண்ணலை

இது, அலைச் செலுத்தியின் இரு திசைகளிலும் செல்லும் ஆற்றலை அளக்கப் பயன்படும் திசை இணைப்பிக்கு (coupler) ஒரு சான்றாகும். ஒரு கோடி தனிக் காணி (detector) இணைப்பிகளை அலைச் செலுத்தியின் எதிரெதிர் முனைகளில் சரியான இடங் களில் வைத்து இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். செலுத் தப்பட்ட ஆற்றலைக் கண்காணிக்க ஒரு காணி இணைப்பியும் தடத்தின் துண்டிப்பிலிருந்து அனுப்பப் பட்ட திறனைஅளக்க மற்றொரு காணி இணைப்பியும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அலைச்செலுத்தியின் ஒரு திசை யில் செலுத்தப்படும் ஆற்றலின் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை, ஒவ்வொரு இணைப்பியும் பெறும். அலைச் செலுத்தியின் நீளவாக்கில் அலைநீளத்தின் நான்கில் ஒரு பங்கு இடைவெளியில் இடப்பட்ட இரு சிறு துளைகளின் மூலமாக அலைச்செலுத்தியிலிருந்து ஆற்றலைப் பெறமுடியும்.

- ஆர். நடராஜன்

எதிரொளிப்பு, செலுத்துகைக் கெழு

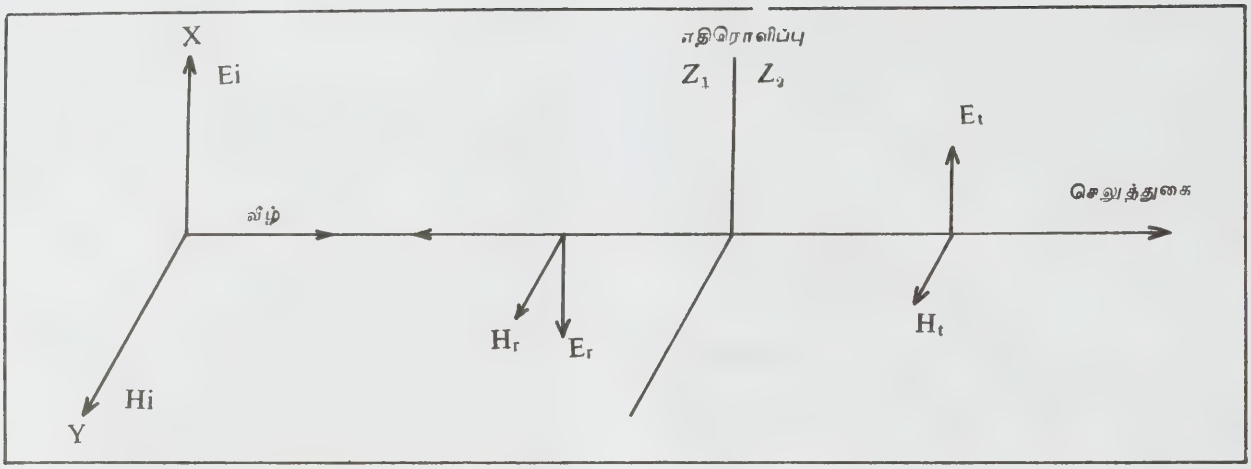
ஒரு மின் காந்த அலை, குறிப்பிட்ட காந்த உட்புகு திறனும் மின் கடத்தாப் பொருள் மாறிலியும் கொண்ட ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு மாறு பட்ட காந்த உட்புகு திறனும், மின் கடத்தாப் பொருள் மாறிலியும் கொண்ட ஊடகத்திற்குப் பாயும் போது எல்லையில் அலையின் ஒரு பகுதி எதிரொளிக் கப்பட்டு மறுபகுதி உட்செலுத்தப்படுகிறது.

மின் மறிப்புகள் (impedance) Z_1 உம் Z_2 உம் கொண்ட இரண்டு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் ஒரு முடிவில்லாத் (கந்தழி) தள எல்லையில்படும் ஒரு மின் காந்த அலையை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

வீழ், எதிரொளித்த, செலுத்தப்பட்ட அலை களின் மின்புலத் திசையன் (vector) Ei, Er, E_t, காந்தப்புலத்திசையிகள் Hi, H_r, H_t படத்தில் குறிக்கப் பட்டுள்ளன. பாயின்ட்டிங் திசையி (Poynting vector) ஆற்றல் பாயும் நிலையின்படி $E_r \times H_r$ வெக்டாரின் திசை $E_i \times H_i$ திசையியின் திசைக்கு எதிராக இருக்கும்.

ஆகையால் வீழ் அலை Z அச்சின் நேர் திசை வழியாகச் சென்றால் எதிரொளிப்பு அலை Z அச்சின் எதிர்த்திசையில் செல்லும். அதாவது, வீழ் அலை இயல்பாகப் பின்புறமாக எதிரொளிப்பு செய்யும்.

Z_2, Z_1 ஐ விடக் குறைவாக இருப்பின் மின் திசையி திருப்பப்படும்.



படம்

Z_2, Z_1 ஐ விட அதிகமாக இருப்பின் காந்தத் திசையி திருப்பப்படும்.

Z_2, Z_1 ஐ விடக் குறைவாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். மின்காந்த எல்லைத்தளக் கட்டுப் பாட்டின்படி எல்லைக்கு இணையாகவோ, தொட்டுக் கொண்டோ, செலலும் புலத் திசையின் $\vec{E}, \vec{H}$ இன் கூறுகள் எல்லைக்குத் தொடர்ச்சியாக இருக்கும்.

ஆகையால் $E_i + E_r = E_t$ (i)

$H_i + H_r = H_t$ (ii)

மேலும் $Z_i = \frac{E_i}{H_i}$, $-Z_i = \frac{E_r}{H_r}$, $Z_2 = \frac{E_t}{H_t}$

$$H_i = \frac{E_i}{Z_i},\ H_r = \frac{-E_r}{Z_i},\ H_t = \frac{E_t}{Z_2}$$

இவற்றை (ii)இல் புகுத்தினால்

$$\frac{E_i}{Z_i} - \frac{E_r}{Z_i} = \frac{E_t}{Z_2};\ E_i - E_r = E_t \frac{Z_i}{Z_2} \quad \text{(iii)}$$

(i) ஐ (iii) ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{E_i + E_r}{E_i - E_r} = \frac{Z_2}{Z_i}$$

காம்பனென்டோ, டிவைடென்ட் படி

$$\frac{E_r}{E_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_i}$$

$$\frac{E_r}{E_i} + 1 = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} + 1;$$

$$\frac{E_r + E_i}{E_i} = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

$\frac{E_r}{E_i}$ என்பது எதிரொளிப்புக் கெழு எனப்படும்

$$= \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

$\frac{E_t}{E_i}$ என்பது செலுத்துகைக்கெழு எனப்படும்

$$= \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

- நா. தியாகராஜன்

எதிரொளிப்பு பரவல் குணகம்

ஒரு மின் காந்த அலை μ_1 என்ற உட்புகுதிறனும் (permeability), Σ_1 என்ற மின்கடவா மாறிலியும் கொண்ட ஓர் ஊடகத்திலிருந்து μ_2 என்ற உட்புகு திறனும், Σ_2 என்ற மின் கடவா மாறிலியும் கொண்ட மற்றோர் ஊடகத்தில் நுழையும் போது அதில் ஒரு பகுதி பிரிதளத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்டு எஞ்சியபகுதி உட்பரவுகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட அலை, உட் பரவிய அலை ஆகியவற்றின் வீச்சுகளுக்கும், படு அலையின் வீச்சுக்கும் இடையிலான தகவுகள் முறையே எதிரொளிப்புக் குணகம் எனவும் உட் பரவல் குணகம் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. மின்காந்த அலை சாய்வாகப் படும்போது ஒளியியலின் எதிர்ரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் விதிகள் மிகவும் வசதியானவை. ஆனால் ஒரு தள அலைகள் தளமான பிரிபரப்பு எல்லைகளில் படும்போது அலைமறிப்பு (wave impedance) சிறப்பியல்பு மறிப்பு (characteristic impedance) ஆகிய கருத்துகள் பயன் தரும். மின்கடத்தல் கம்பிப் பாதைகள், அலை வழிநடத்திகள், சில தம்மிச்சையான அலைகள் போன்றவற்றில் இவ்வாறு நிகழ்கிறது.

X திசையில் $\bar{E}$ என்ற மின்செறிவும், Y திசையில் H என்ற காந்தச் செறிவும் உள்ளதாக Z திசையில் பரவுகிற ஓர் அலைக்கு, படுமருங்கில் உள்ள மொத்தக் கட்டநிலைப் புலங்கள் (phasor fields) பின்வருமாறு:

$$\dot{E}_x = E_o e^{-jkz} + E'_o e^{-jkz} \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\dot{H}_y = (\eta)^{-1} (E_o e^{-jkz} - E'_o e^{jkz}) \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

இவற்றில் மேற்புள்ளி எதிரொளிக்கப்பட்ட அளவுகளைக் குறிப்பிடுகிறது. η என்பது அலை மறிப்பு. மேற்காணும் சமன்பாடுகளில் குறிகள் வேறுபட்டுள்ளமைக்கு $\frac{1}{2}$ E×H என்ற பாயின்டிங் வெக்டார் (poynting's vector) படு அலைக்கு நேரின மாகவும் எதிரொளிக்கப்பட்ட அலைக்கு எதிரின மாகவும் இருப்பதே காரணம்.

கடத்தப்பட்ட அலைக்குப் பின்வரும் சமன்பாடு கள் பொருந்துகின்றன.

$$\dot{E}_x'' = E''_o e^{-jkz}, \; H_y'' = (\eta'')^{-1} \; E_o'' e^{-jkz} \quad \ldots\ldots(3)$$

E, H ஆகியவற்றின் தொடுவியல் ஆக்கக்கூறுகள் Z = o என்ற இடத்திலுள்ள எல்லைக்குக் குறுக்கே தொடர்ச்சியுடனுள்ளமையால், $E_x = E_x''$, $H_y = H_y''$ எனவே பின்வரும் சமன்பாடுகள் தகுதியுடையன. வாகும்.

$$E_o + E_o' = E''_o, \; \eta'' (E_o - E_o') = \eta \; E_o'' \quad \ldots\ldots(4)$$

அலை எதிரொளிக்கப்பட்ட மற்றும் கடத்தப்பட்ட புலங்களுக்கான தகவுகளை மேற்காணும் சமன்பாடு களுக்குத் தீர்வு காணுவதன் மூலம்பெறலாம். அவை பின்வருமாறு:

$$\frac{E'_o}{E_o} = \frac{\eta'' - \eta}{\eta'' + \eta}$$

$$\frac{E_o''}{E_o} = \frac{2\eta''}{\eta'' + \eta} \quad (5)$$

இவை முறையே எதிரொளிப்புக் குணகமும் உட் பரவல் குணகமும் ஆகும்.

ஒளியியல். 5ஆம் சமன்பாடுகள் செங்குத்தாகப் படும் ஒளிக்கதிர்களுக்கும் பொருந்த வேண்டுமானால் η, η'' ஆகியவற்றுக்குப் பதிலாக v, v'' என்ற திசை வேகங்களைப் பதிலீடு செய்ய வேண்டும். ஒரு தள அலையின் மின் வெக்டார், படுதளத்திற்கு செங்குத் தாகவும், அதன் படுதிசை பிரிதளத்தின் செங்குத் திற்கு θ என்ற குறுங்கோணத்தில் சாய்ந்தும் இருந் தால் எதிரொளிப்புக் குணகமும் ஒலி கடத்தல் குணக மும் பின்வரும் சமன்பாடுகளால் தரப்படும்.

$$\frac{E'_o}{E_o} = -\frac{\sin(\theta - \theta'')}{\sin(\theta + \theta'')}$$

$$\frac{E_o''}{E_o} = \frac{2\sin\theta''\cos\theta}{\sin(\theta + \theta'')} \quad \ldots (6)$$

இங்கு $v'' \sin\theta = v \sin\theta''$. மின்வெக்டார், படு தளத்திலேயே அமைந்திருக்குமாயின் அக்குணகங்கள் பின்வரும் சமன்பாடுகளால் தரப்படும்.

$$\frac{E'_o}{E_o} = \frac{\tan(\theta - \theta'')}{\tan(\theta + \theta'')}$$

$$\frac{E_o''}{E_o} = \frac{2\sin\theta''\cos\theta}{\sin(\theta + \theta'')\sin(\theta - \theta)''} \quad \ldots \quad (7)$$

அலைவழி நடத்தி. வெற்றிடத்திற்கு உள்ளதைப் போலவே அலைவழி நடத்திகளிலும், சிறப்பியல்பு மறிப்பு என்பது குறுக்கு மின்புலம் E_t, குறுக்குக் காந்தப்புலம் H_t ஆகியவற்றின் தகவாகவே வரை யறுக்கப்படுகிறது. அலைவழி நடத்திகளுக்கு இந்தத் தகவு அவற்றின் அதிர்வெண்ணையும் பரிமாணங் களையும் பொறுத்திருக்கிறது. அத்துடன் உட்புகு திறன்களையும், மின்கடவா மாறிலிகளையும் கூடப் பொறுத்துள்ளது. ஒரு குறுக்குத் திசை இடைப் பரப்புக்குத் தொடுவியல் புலங்களுக்கான 4 ஆம் சமன்பாடுகளுக்குப் பயன்பட்ட எல்லைக் கோட் பாடுகளே தக்கவையாகும். இவ்வாறு எதிரொளிப்புக் குணகம், அலை கடத்தல் குணகம் ஆகியவற்றுக்கான 5 ஆம் சமன்பாடுகளில் η, η'' ஆகியவற்றுக்குப் பதிலாக முறையே படுமருங்கு, வெளிவருமருங்கு ஆகியவற்றுக்கான சிறப்பியல்பு மறிப்புகளைப் பதிலீடு செய்ய வேண்டும்.

மின்கடத்துகம்பிப் பாதைகளும், வரையமைப்பும். ஒரு மின்கடத்து கம்பிப் பாதையில் உள்ள ஓர் இடை வெளியின் படுமருங்கிலும், வெளிவரு மருங்கிலும் அல்லது இரண்டு வலையமைப்புச் சந்தியின் இரு மருங்குகளிலும் சிறப்பியல்பு மறிப்புகள் Z, Z'' என்க. படுகதிரின் மின்னழுத்தத்திற்கும் மின் னோட்டத்திற்கும் இடையிலான உறவு பின்வருமாறு:

$$\dot{V} = \dot{Z}\dot{I} \quad \ldots\ldots\ldots(8a)$$

எதிரொளித்த கதிரின் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடை யிலான உறவு பின்வருமாறு:

$$\dot{V}' = \dot{Z}\dot{I}' \quad \ldots\ldots\ldots(8b)$$

கடத்தப்பட்ட கதிரின் மின்னழுத்தத்துக்கும் மின் னோட்டத்துக்கும் இடையிலான உறவு பின்வருமாறு

$$\dot{V}'' = \dot{Z}'' I'' \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

இடைவெளியில் மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும் தொடர்ச்சியாக இருந்தால் பின்வரும் சமன்பாடுகள் பொருத்தமாயிருக்கும்.

$$\dot{V}+\dot{V}' = \dot{V}'', \; I + I' = I'' \qquad ....(9)$$

இவற்றைத் தீர்வு செய்தால் எதிரொளிப்புக் குணகமும் கடத்தல் குணகமும் பின்வருமாறு கிடைக்கும்.

$$\frac{\dot{V}'}{\dot{V}} = \frac{\dot{Z}'' - \dot{Z}}{\dot{Z}'' + \dot{Z}} \qquad ....(10)$$

$$\frac{\dot{V}''}{\dot{V}} = \frac{2\dot{Z}''}{\dot{Z}''+\dot{Z}}$$

ஒலியியல். 10 ஆம் சமன்பாடுகளில் மின் மறிப்புக்குப் பதிலாக ஒளியியல் மறிப்பைப் பதிலீடு செய்தால் அவை ஒலிகளுக்கும் பொருத்தமானவையாகி விடும். ஒலியியல் மறிப்பு என்பது ஓர் ஊடகத்தின் அடர்த்தியை, அந்த ஊடகத்தில் ஒலியின் திசை வேகத்தால் பெருக்கினால் கிடைக்கும் அளவாக வரையறுக்கப்படுகிறது. திண்ம நிலை ஊடகங்களில் ஒலி நீள அலையாகவும் குறுக்கலையாகவும் பரவும். எனவே அவற்றில் இரு வகை மறிப்புகள் உள.

—கே. என். ராமச்சந்திரன்

எந்திர அதிர்வு

வேகமாகச் சென்றிட வாகனங்களும், அவற்றை இயக்கும் எந்திரங்களும் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. தொழில் துறையில் உற்பத்திச் செலவினைக் குறைத்து, வாணிகப் போட்டியினை வென்றிட அனைத்தையும் தானியங்கிகளாக மாற்ற வேண்டியுள்ளது. நிமிடத்திற்கு பத்தாயிரத்திற்கும் மேற்பட்ட சுற்றுகள் சுற்றும் நீராவிப் பொறிகளும், எரி எண்ணெயினால் இயங்கும் பொறிகளும், அன்றாட வாழ்க்கையில் பழகிவிட்டவை. இப்படி எந்திரங்கள் வேகமாக இயங்கும்போது, அதிர்வுகள் உண்டாகின்றன.

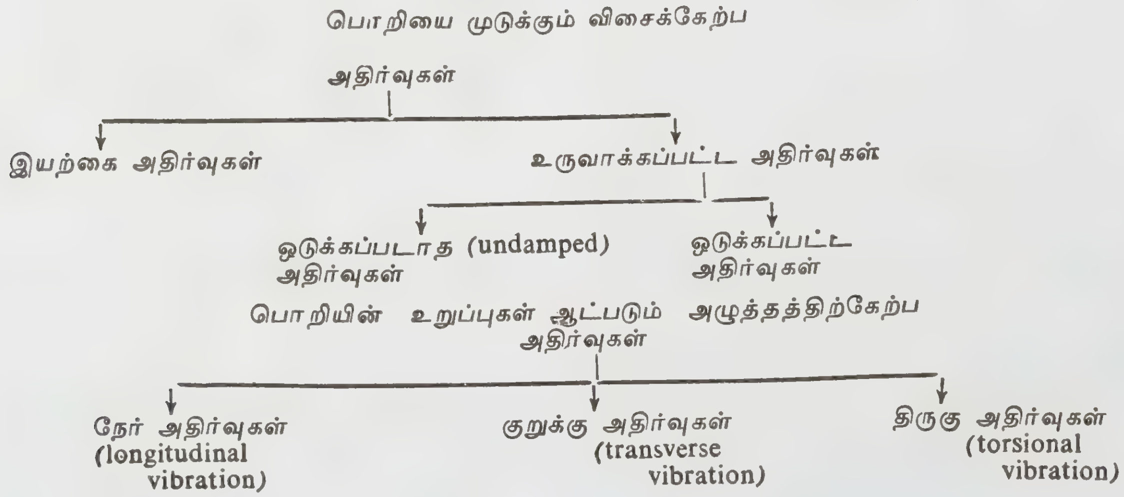
பொறியின் சுழற்சியினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி பொறியின் அச்சுத் தண்டையே (shaft) தகர்த்திடும் ஆற்றல்மிக்கதாக மாறிவிடக்கூடாது. எனவே, அதிர்வுகளின் பல்வேறு வகைகளையும், தன்மைகளையும் அறிந்திட வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது.

அதிர்வுகளின் வகைகள். அதிர்வுகளைப் பொறியை முடுக்கும் விசையைக் கொண்டோ, அந்த விசைக்கேற்ப பொறியைத் தாங்கும் உறுப்புகள் ஆட்படும் தகைவைக் (stress) கொண்டோ வகைப்படுத்தலாம்.

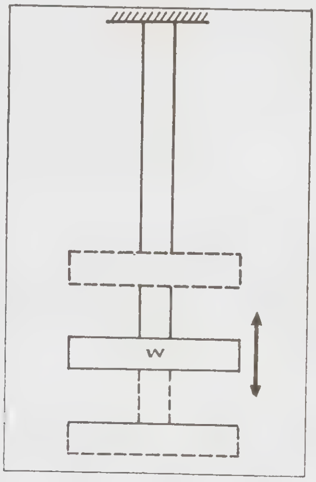
இயற்கை அதிர்வுகள். எந்தவிதமான வெளி விசையின்றித் தானாகவே ஏற்படுகின்ற அதிர்வுகட்கு, இயற்கை அதிர்வுகள் என்று பெயர். இவை இயற்கையாகவே ஒரு பொறி அல்லது குறிப்பிட்ட உறுப்புடன், உருவானவையாக இருக்கும்.

உருவாக்கப்பட்ட அதிர்வு. ஒரு பொறி அல்லது உறுப்பின் மீது திணிக்கப்படுகின்ற பிறவிசையினால் உருவாகின்ற அதிர்வுகட்கு உருவாக்கப்பட்ட அதிர்வுகள் என்று பெயர். இவையே பொறியின் உறுப்புகட்கு ஊறு விளைவிக்கக் கூடியவை.

ஒடுக்கப்பட்ட அதிர்வுகள். ஓர் உறுப்பின் இயக்கத்திற்கு வெளி விசை தேவைப் படாமல் இருக்கலாம். ஆனால் அது, காற்று மண்டலத்திலோ, உராய்வைக் கொடுக்கக் கூடிய ஊடகத்திலோ தான் இயங்க



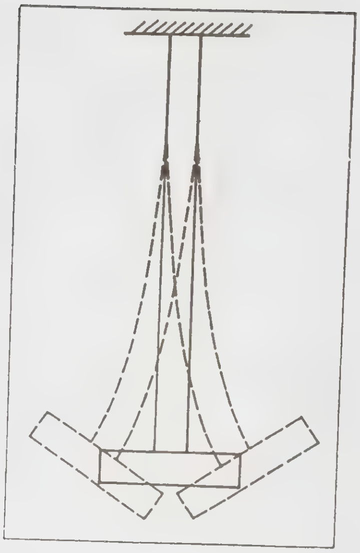
வேண்டியுள்ளது. பூரண வெற்றிடத்தையோ, உராய்வில்லாத இயக்கத்தையோ, உருவாக்குவது மிகவும் கடினம். ஆகவே அனைத்து நேரங்களிலும் காற்றும் உராய்வும் வெளி விசையாகவே செயல்படுகின்றன. இக்காரணத்தால், நடை முறையில் இயற்கை அதிர்வுகளை மட்டும் தனியாகக் காண முடியாது. மேலும் ஓர் உறுப்பின் இயக்கத்திற்காகச் செலுத்தப்படும் உந்து விசை, காற்றின் ஆற்றலையும் உராய்வையும் வென்றிடுவதில் விரயமாகிறது. இதனால் பொறியில் உருவாகும் அதிர்வுகளும் ஒடுக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு ஒடுக்கப்படும் அதிர்வுகட்கு, ஒடுக்கப்பட்ட அதிர்வுகள் என்று பெயர்.



படம் 1.

நேர் அதிர்வு. படம் 1 இல் காட்டியுள்ளபடி, அச்சாணியின் ஒரு முனை நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டும், மறுமுனை W கிலோ எடையுள்ள ஒரு பொருளைத்தாங்கிக் கொண்டும் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். இந்தப் பொருள், மேலும் கீழும் சென்று வருமானால் மேலே செல்லும்போது அச்சாணி, அமுக்க விசைக்கும், கீழே வரும்போது இழு விசைக்கும் உட்படும். இது போன்ற இயக்கத்தால், அச்சாணியில் ஏற்படும் அதிர்வுகட்கு நேர் அதிர்வுகள் என்று பெயர்.

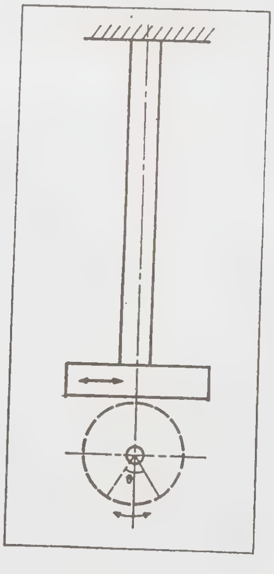
குறுக்கு அதிர்வு. தொங்கும் பொருள் படம் 2இல் காட்டியுள்ளவாறு பக்கவாட்டில் அசைந்தாடுவதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அப்போது, அச்சாணியும் பக்கவாட்டில் வளைந்து கொடுக்க வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. ஆனால் இந்த வளைவானது, கண்ணுக்குத் தெரியாமல் மிகவும் குறைந்த அளவினதாகவே இருக்கும். இத்தகைய இயக்கத்தினால் ஏற்படுகின்ற அதிர்வுகட்குக் குறுக்கு அதிர்வுகள் என்று பெயர். இப்போதும் அச்சாணியானது மாறி மாறி, அமுக்கு விசைக்கும், இழு விசைக்கும் ஆட்படுகிறது.



படம் 2.

திருகு அதிர்வு. தொங்கும் பொருளானது படம் மூன்றில் காட்டியுள்ளது போல் முறுக்கு இயக்கத்திற்கு ஆட்படுமானால், அச்சாணி மாறி மாறி முறுக்கப்பட்டும், தளர்த்தப்பட்டும் வலிமை குன்றும். இதனால் அச்சாணியில் ஏற்படுகின்ற அதிர்வுகட்கு, திருகு அதிர்வுகள் என்று பெயர். இப்போது அச்சாணி முறுக்கு விசைக்கு ஆட்படுகிறது.

அதிர்வுகளைப் பற்றி, மேலும், விரிவாக அறிந்திட, அதிர்வு தொடர்பான, சில வரையறைகளை அறிந்திடுவது அவசியம். சிலவற்றைக்கீழே காணலாம்.



படம் 3.

கால நிகழ்வு. அதிர்வலைகள், எப்போதும், சம கால இடைவெளிகளிலேயே உருவாகும் தன்மை யுடையவை, இவ்வாறு சம, சீரான இடைவெளி நிகழும், நிகழ்ச்சியைக் கால நிகழ்வு எனலாம்.

காலக்கூறு. இரண்டு அடுத்தடுத்த அதிர்வலை கள், உருவாவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமே காலக்கூறு எனப்படுகிறது.

சுழற்சி. ஒரு காலக்கூறில், அதிர்வலைகள் கடந்த தூரமே ஒரு சுழற்சி எனப்படுகிறது.

அலைவெண். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில், ஏற் படுகின்ற முழுமையான சுழற்சியின் எண்ணிக்கையே, அலைவெண் எனப்படுகிறது. இதை அதிர்வு எண் என்றும் கூறலாம்.

அதிர்வு ஏற்பி (vibration absorber). அதிர்வுகள் பொதுவாகப் பொறியின் உறுப்புகட்கு ஊறு விளை விக்கும். எனவே அதிர்வுகளை முழுமையாக நீக்கிடு வதற்கோ முடிந்த அளவு ஒடுக்குவதற்கோ முயற் சிக்க வேண்டும். சில சமயங்களில் வடிவமைப்பை மாற்றியமைப்பதன் மூலம் அதிர்வுகளை ஒடுக்க லாம். பல சமயங்களில் அதிர்வுகளை ஒடுக்குவதற் கென்றே, தனியொரு உறுப்பினைப் பொருத்த வேண்டியுள்ளது. இந்த அதிர்வு ஒடுக்கிகளின் பயன் படு தன்மையை, அவைகளின் விசை கடத்தும் திற னைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$\text{கடத்து திறன்} = \frac{\text{அதிர்வை ஒடுக்கும் பொருட்டுப் பொறிக்குக் கடத்தப்பட்டவிசை}}{\text{அதிர்வு ஒடுக்கியால் செலுத்தப்பட்ட விசை}}$$

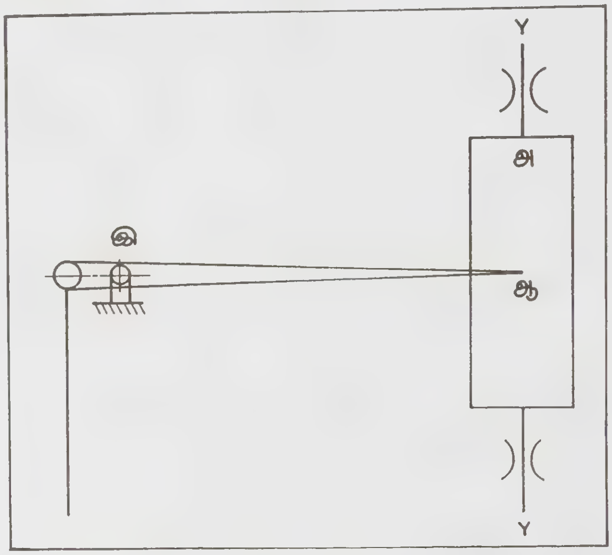
இன்று பலவகையான அதிர்வு ஒடுக்கிகள் பயன் படுத்தப்பட்டாலும் உருவாக்கப் பயன்படும் பொருள் களைக் கொண்டு அவற்றை இருவகைகளாகப் பிரிக்க லாம்.

உலோக அதிர்வு ஒடுக்கி. இது பெரும்பாலும் உலோகத்தால் செய்யப்பட்டது. இது நீண்ட நாள் உழைப்பதோடு, நீரினாலும், உயவு எண்ணெய் களினாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மேலும் இது அதிகச் சுமையைத் தாங்க வல்லது. இது சுருள் கம்பியாகவும், பட்டையாகவும், தகடாகவும், பல வடிவங்களில் கிடைக்கின்றது. இதை அலை வெண் விகிதம் (frequency ratio) 1.414 ஐ விட அதிகமாக இருக்கும் போது உபயோகிக்க வேண்டும்.

அங்கக அதிர்வு ஒடுக்கி. இது, ரப்பர், தக்கை மற்றும் நார்ப் பொருள்களால் பெரும்பாலும் உரு வாக்கப்படுகிறது. அதிக வெப்பம் மற்றும் அழுத்தங் களில் இதைப் பயன்படுத்த இயலாது. மேலும் இதன் தன்மைகள், அலைவெண், எடை, வடிவம், வெப்ப நிலைக்கேற்ப மாறுபடும். மேலும் நீர் மற்றும் உயவு எண்ணெய்களின் தாக்குதலுக்கு ஆளாகிறது. ஆனால் இது அதிகமாக அதிர்வுகளை ஒடுக்கக் கூடிய சக்தி வாய்ந்ததாக இருப்பதால், குறைந்த அலைவெண் விகிதம் உள்ள போதும் இதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

அதிர்வுகளை அளக்கும் கருவி. அதிர்வுகளை அளந் திடப் பலவகையான கருவிகள் உள்ளன. அவை எந்திரக் கருவிகள், மின்னியல் கருவிகள், ஒளியியல் கருவிகள் காந்தக் கருவிகள், மின்னணுவியல் கருவி கள் எனப்பலவாம்.

அதிர்வுகளைப் பல்வேறு பண்புகளின் மூலமாக (parameters) அளவிடலாம். அப்பண்புகளாவன: வீச்சு (amplitude), அலைவெண் (frequency) திசை வேகம், (velocity), வேக முடுக்கம் (acceleration) ஆகியன.

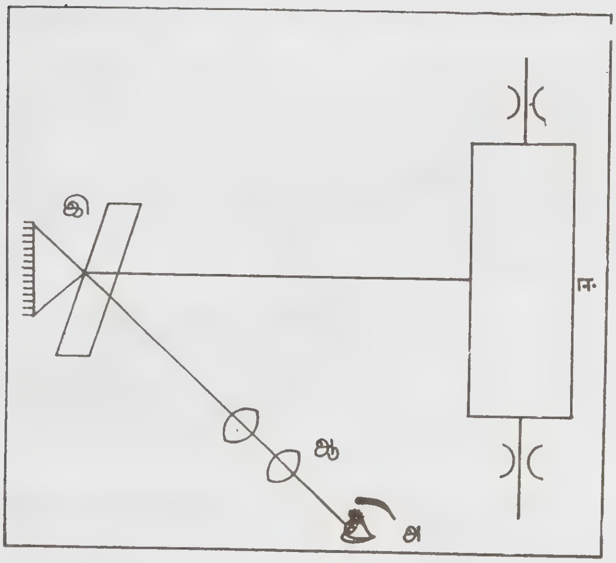


படம் 4.

வீச்சு அளவிடும் கருவி. இக்கருவியானது படம்-4 இல் மிகவும் எளிமையான முறையில் வடிவமைக்கப் பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளபடி 'அ' என்ற உருளையானது 'y y' அச்சில் சுழன்று கொண்டிருக் கும். 'ஆ' என்ற குறிமுள்ளானது, 'இ' என்ற ஆதா ரத்தில் மேலும் கீழும் சென்று வரும்படிப் பொருத் தப்பட்டுள்ளது. குறிமுள்ளின் மறுமுனை ஒரு கம்பி யுடன் இணைக்கப்பட்டு, அக்கம்பியானது, அதிரும் பொறியில் இருந்து, அதிர்வுகளைக் கடத்தும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதிர்வுக்கேற்ப குறிமுள், மேலும் கீழும் செல்லும். அப்போது சுழலும் உருளையில் சுற்றப்பட்டுள்ள, கட்டத்தாளில் அதிர் வுகளுக்கேற்பக் கோடுகள் வரையப்படும். இக் கோடுகளின் மூலம் 'வீச்சு' அளவிடப்படுகிறது.

இக்கருவியானது அதிகப்படியான அலைவெண் மற்றும் வேகப்பெருக்கம் உள்ள இடங்களில் பயன் படாது. ஏனென்றால், இக்கருவி அதிக வேகமாக இயங்கும்போது தானே அதிர்வை உருவாக்குகின்றது.

எனவேதுல்லியமாகப் பொறியின் அதிர்வை க்கணக்கிட இயலாது.

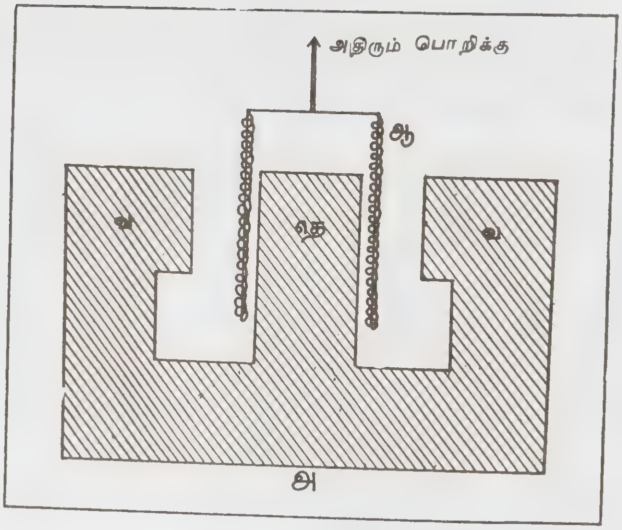


படம் 5.

இந்தக் குறையை நீக்கிட, ஒரு ஒளியியல் கருவியும் நடைமுறையில் உள்ளது. 'அ' என்ற விளக்கில் இருந்து, ஒளிக்கதிரானது 'ஆ' என்ற வில்லையின் மூலம் 'இ' என்ற ஆடியில் விழும்படிச் செய்யப்படுகிறது. ஆடி, இணைப்புக் கம்பிகளின் மூலம், அதிரும் பொறியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆடியானது, அதிர்வுக்கேற்ப ஆடுகிறது. அப்போது, ஆடியில் படும் ஒளிக்கதிரும், அதன் ஆட்டத்திற்கேற்ப எதிரொளிக்கப்பட்டு, சுழலும், உருளையின் (ஈ) மீது விழுகின்றது. இந்த ஒளியை உருளையின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ள படச்சுருள் பதிவு செய்கிறது. இது எளிமையானதும் நுட்பமானதுமாகும்.

அலைவெண் அளவிடும் கருவி. இதுவும் ஓர் ஒளியியல் கருவியே ஆகும். ஒளிக்கற்றைகளைச் சீரான ஆனால் மாறுபட்ட இடைவெளியில் வெளிப்படுத்தி, அதிரும் பொறியின் மீது ஒளிரும்படிச் செய்ய வேண்டும். எப்போது இந்த ஒளிக்கற்றைகளின் அலைவெண்ணும், அதிரும் பொறியினால் உண்டாக்கப்படும் அதிர்வுகளின் அலைவெண்ணும் சமமாக உள்ளனவோ அப்போது அதிரும் பொறி இயங்காமல் இருப்பதுபோல் தோற்றமளிக்கும். இப்போது ஒளிக்கற்றைகளின் அலைவெண் எதுவோ அதுவே அதிர்வுகளின் அலைவெண் ஆகும்.

வேகம் மற்றும் வேகப்பெருக்கத்தை அளவிடும் கருவி. இது ஒரு காந்தவியல் கருவி ஆகும். படம் 6 இல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு நிலைக் காந்தமும் (அ), சிறு



படம் 6.

மின் சுருளுமே (ஆ) வேகத்தையும், வேகப் பெருக்கத்தையும் அளவிடப் பயன்படுகின்றன. மின் சுருள் அதிரும் பொறியுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. அதிர்வுக்கு ஏற்ப, மின்சுருள் இயக்கப்படுகிறது. மின்சுருள் காந்த மண்டலத்திற்குள் இயங்குவதால், துருவங்கள் தூண்டப்பட்டு மின்சாரம் உற்பத்தியாகிறது. உற்பத்தியாகும் மின்சாரத்திற்கேற்ப அதிர்வின் வேகமும், வேகப் பெருக்கமும் கணக்கிடப்படும்.

- செ. தங்கவேலு

எந்திர அமைப்பு

ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையைச் செய்யும் வகையில் வெவ்வேறு எந்திர உறுப்புகள் ஒருங்கே இணைக்கப்படும் எந்திரத் தொகுதியே எந்திர அமைப்பு (machinary) ஆகும். பொதுவாகச் சில உறுப்புகள் ஏதேனும் இயக்கத்தினை, நகர்வினைச் செயலாற்றும் வகையில் இருக்கும். சில உறுப்புகள் நிலையாக அசைவற்று இருந்து பிற இயக்கங்களுக்கு வழி ஏற்படுத்தும்; மேலும் சில உறுப்புகள், அடிச்சட்டமாக அமைந்து பிற உறுப்புகளைத் தாங்கியோ, இயக்கத்திற்கு அடிமனையாகவோ பயன்படும். அனைத்து எந்திரத் தொகுதிகளும் சேர்ந்து எந்திரம் என அழைக்கப்படும். அல்லது சில சமயங்களில் இத்தொகுதிகள், வெவ்வேறு விதத்தில் எந்திரங்கள் எனவும் பாகுபடுத்தப்படலாம். எடுத்துக்காட்டாக, பல்வேறு எந்திரத் தொகுதிகளை உள்ளடக்கிய தானியங்கி ஊர்தி, துணி சலவைசெய்யும் எந்திரம், வானூர்தி, தொழிலக உலோக வெட்டு எந்திரம் காற்றழுத்தி போன்றவை, குறிப்பிடத்தக்கவை.

மனிதன் குறிப்பிட்ட சில கடமைகளை எளிதாகத் தொல்லை எதுவுமின்றிச் செய்து முடிக்கும் வகையில் எந்திரத் தொகுதிகள் பயன்தரக்கூடியவையாக மட்டுமே இருக்கும்.

மனித வலிமையால் எளிதாக மட்டுமல்லாமல், மிகையான காலத்தில் செய்ய இயலாத கடமைகளை இன்று சில எந்திரத் தொகுதிகள் செய்யக்கூடியவை யாக உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக வலிமை பொருந்திய மனிதனால் தூக்க இயலாத எடைகள், மிக அதிகமான எடையுள்ள வாகனங்கள், எந்திரங்கள், பாளங்கள் போன்றவை ஒரு நெம்புகோல் கொண்டு இயங்கும் திருகு சுமை தூக்கியால் (screw jack) இடம்பெயர்கின்றன. அவ்வாறே ஓர் எரிபற்றுப் பொத்தானை அழுத்தியவுடன், பல வகை இயக்க அமைப்புத் தொடர்களால் வடிவமைக்கப்பட்ட உட்கனற் பொறி வியத்தகு செயல்களைச் செய்வது அனைவரும் அறிந்ததே.

எந்திரத் தொகுதிகள் வடிவமைக்கப்படும் முக்கிய காரணமே குறைந்த செலவில் நிறைவான வேலைப் பயன்களைப் பெறுவதேயாகும். எந்திரத் தொகுதியின் திட்ட அமைப்பு தேவைக்கேற்ற வகையில் முனைப்பாகவோ, குறுகிய நேரத்திற்குள் முடிக்கப் படும் வகையிலோ இருக்கும். குறைந்த எண்ணிக்கையில் பொருள்கள் உற்பத்தி செய்யப்படும்போது எந்திரத் தொகுதிகள் எளிய அமைப்பினைப் பெற்றிருக்கும், பெருந்திரள் உற்பத்தியானால் எந்திரத் தொகுதி தன்னியக்கமாகச் செயல்படும் வகையில் திட்ட அமைப்பினைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் சில எந்திரத் தொகுதிகள், தானியங்கி ஊர்திகளில் சிக்கலான அமைப்புகளுடன் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். காண்க, எந்திரம், இலகு எந்திரம்.

-கே. ஆர். கோவிந்தன்

எந்திர இயக்கம், தொழிலக

செய்பொருளிலிருந்து தேவையற்ற பகுதிகளை வெட்டுக்கருவி மூலம் வெட்டி நீக்குதல் எந்திர இயக்கம் எனப்படுகிறது. இந்த இயக்கங்களால் செய்பொருளை வேண்டிய அளவிற்கும் உருவத் தோற்றத்திற்கும் மாற்ற முடியும்.

வெட்டுக்கருவிகள். வெட்டி நீக்கப்பயன்படும் இக்கருவிகள் ஒருமுனைக் கருவி, பல்முனைக்கருவி என இருவகைப்படும். தோற்றம், இயக்கம் இவற்றில் உள்ள சிறு சிறு மாற்றங்களின் அடிப்படையில் இவை வாள், துளையிடு கருவி, துளை திருத்து கருவி, உராய்ந்து நீக்கும் கருவி எனப் பல்வேறு பெயர்களால் குறிப்பிடப்படுகின்றன. வெட்டி நீக்கப்படும் பகுதி, அளவின் அடிப்படையில் நீங்கு துகள்கள் (chip) செதில்துகள்கள், சிறுதுகள்கள் எனப்படுகின்றன. வெட்டுக் கருவிகளின் தோற்றமும் புற அமைப்பும் வேறுபட்டாலும் வெட்டுகிற அடிப்படை இயக்கத்தில் எந்த மாற்றமும் இல்லை.

செய்பொருளையும் வெட்டுக் கருவியையும் தாங்கி, வெட்டுதல் இயக்கத்தை நிகழச் செய்யும் எந்திரங்கள் அளவிலும் உருவிலும் மிகுதியாக வேறுபடுகின்றன. இந்த வேறுபாடுகளின் அடிப்படையில் இவை சாதாரண சாணை பிடிக்கும் எந்திரம் முதல் மிகப்பெரிய தானியங்கி எந்திரம் வரை பல வகையாக உள்ளன.

கடைதல், முனைதிருத்தல், துளை பெரிதாக்கல், கொந்துதல் (broaching), அறுத்தல், இழைத்தல், வடிவமைத்தல், துளையிடல், சாணைபிடித்தல், பற்சக்கரம் உருவாக்கல், மெருகேற்றல், போன்றவை எந்திர இயக்கங்களின் சில வகைகளாம்.

செய்பொருள் வெட்டுக்கருவி; இவற்றிற்கு இடையே உள்ள சார்பு நகர்வு. எந்திர இயக்கம் நிகழ்வதற்குச் செய்பொருளுக்கும் வெட்டுக்கருவிக்கும் இடையே சார்பு நகர்வு இருத்தல் அவசியம். சில எந்திரங்களில் செய்பொருளும் ஏனையவற்றில் வெட்டுக் கருவியும் நகரும். பொதுவாக எந்த எந்திரத்திலும் வெட்டுக்கருவி, செய்பொருள் இரண்டையுமே விரும்பிய திசையில் நகர்த்தக்கூடிய அமைப்பு இருக்கிறது.

அடிப்படையில் எந்த நகர்வையும் நேர்கோட்டில் முன்னும் பின்னும் நகரும் நகர்வு, சுழற்சி நகர்வு என இருவகைக்குள் அடக்கிவிடலாம். எடுத்துக் காட்டாக கடைதல் இயக்கம் நிகழ்கையில் கடைபொறியில் செய்பொருள் சுழற்றப்படுகிறது. வெட்டுக்கருவி நேர்கோட்டில் நகர்கிறது. இழைக்கும் எந்திரத்தில் வெட்டுக்கருவி நிலையாகவும், செய்பொருள் முன்பின்னாகவும் நகர்கிறது.

ஒரே இயக்கத்தைப் பல்வேறு எந்திரங்களில் பல்வேறு நகர்வுகளின் மூலம் நிகழ்த்த முடியும். எடுத்துக்காட்டாக துளையிடல் இயக்கத்தைக் கடைபொறி, துளையிடு கருவி இரண்டிலும் நிகழ்த்தலாம். கடைபொறியில் செய்பொருள் சுழற்றப்பட்டு, வெட்டுக்கருவி (துளையிடுகருவி) வால்பகுதியில் இணைக்கப்பட்டு நேர்க்கோட்டில் செய்பொருளை நோக்கிச் செலுத்தப்படுகிறது. ஆனால் துளையிடும் எந்திரத்தில் செய்பொருள் அசையாநிலையில் இருக்கத் துளைக்கருவியே சுழல்வதோடு அச்சுத்திசையில் நேர்கோட்டில் செய்பொருளுக்குள் நகரவும் செய்கிறது. எனவே, எந்த இயக்கத்தை எந்த எந்திரத்தில் நிகழ்த்த வேண்டும் என்பது இயக்கத்தின் எளிமை அல்லது செலவுக்குறைவு போன்ற சில காரணங்களைப் பொறுத்தே அமைகிறது.

வரிசை எண்	எந்திர வகை	வெட்டுக்கருவி நகர்வு	செய்பொருள் நகர்வு	உருவாகும்பரப்பின் தன்மை
1.	துளையிடும் எந்திரம்	↻ ; ↔	×	உட்புறம் உருளை வடிவம்
2.	கிடைநிலைக் கடைபொறி	↔	↻	உட்புற உருளை; வெளிப்புற உருளை
3.	குத்துக் கடைபொறி	↔	↻	உட்புற உருளை; வெளிப்புற உருளை
4.	கிடைநிலைத் துளை பெரி தாக்கும் எந்திரம்	↻ ; ↔	↔	உட்புற, வெளிப்புற உருளை தனி
5.	குத்துத்துளைபெரிதாக்கும் எந்திரம்	↔	↻	உட்புற, வெளிப்புற உருளை
6.	கொந்துதல் எந்திரம்	↔ ; ×	↔;×	தட்டை; வளைவு உருளை
7.	சாணைபிடிப்பு எந்திரம் (உருளை)	↻ ; ↔	↻	வெளிப்புற உருளை
8.	துருவல் எந்திரம்	↻	↔	தட்டை; ஏற்ற இறக்கம்
9.	இழைப்பு எந்திரம் (குத்து)	↔	↔	தட்டை; ஏற்ற இறக்கம்
10.	வடிவூட்டும் எந்திரம்	↔	×	தட்டை; ஏற்ற இறக்கம்
11.	கிடைநிலை இழைப்பு எந்திரம்	×	↔	தட்டை; ஏற்ற இறக்கம்
12.	பரப்புச் சாணைபிடிப்பு எந்திரம்	↻	↔	தட்டை
13.	சக்கர வாள்	↻	↔	தட்டை
14.	பட்டை வாள்	↔	↔	தட்டை; வளைவு
15.	சுடர் வெட்டுக்கருவி	↔	×	தட்டை; வளைவு

குறியீடு; ↻ - சுழற்சி; ↔ முன்னும் பின்னும் நேர்கோட்டு நகர்வு; × நிலையான

அட்டவணை. எந்திர இயக்கங்கள்

இத்தகைய இயக்கங்களின் பயனாகச் செய் பொருளின் பரப்பு தட்டையாகவோ உருளை யாகவோ, ஏற்ற இறக்கமுடையதாகவோ மாற்றப் படுகிறது. எப்பரப்புத் தேவைப்படுகிறது, எவ்வித இயக்கம் அவசியம் என்பவை தீர்மானிக்கப்பட்ட பின் மிகப் பொருத்தமான எந்திரம் தேர்ந்து எடுக்கப்படுகிறது. எந்திரங்களின் இயக்கங்கள், சார்பு நகர்வு, உருவாக்கப்படும் செய்பொருளின் பரப்பு ஆகியவற்றை இணைத்து அட்டவணையில் காணலாம்.

உருளை வடிவிற்கான எந்திரங்கள். அட்டவணை யில் 1-7 வரை உள்ள எந்திரங்கள் உருளை வடிவிற் கான எந்திரங்களாகக் கொள்ளலாம். இந்த எந்திரங் கள் உருவாக்கும் செய்பொருளின் உள்விட்டம் அல்லது வெளிவிட்டம் கையாளப்படும் செய்பொருளின் நீளம்,

விட்டம், அளவு போன்ற அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும் வெட்டுக்கருவி இவற்றின் வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ப இயக்கங்களின் தன்மை வேறுபடுகிறது. துளையிடும் கருவியில் முறுக்கிய துளைக்கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன்மூலம் ஒரு சில அங்குலம் விட்டம் உள்ள துளைகள் மட்டுமே இட முடியும். ஆரத்திசை நகர்வு துளையிடும் கருவியில் சற்று அதிக விட்டமுள்ள துளைகளை இடமுடியும். இவற்றையெல்லாம் விட, துளைபெரிதாக்கும் எந்திரத்தில் பல அடி விட்டமுள்ள துளைகளைக் கூட உருவாக்க முடியும்.

தட்டை வடிவிற்கான எந்திரங்கள். அட்டவணையில் 8-12 வரை உள்ள எந்திரங்களைத் தட்டையான பரப்பை உருவாக்கும் எந்திரங்களாகக் கொள்ளலாம். சில தனிப்பட்ட இணைப்புக் கருவிகளின் மூலம் இந்த எந்திரங்களிலும் வளைவான பரப்பினை உருவாக்கலாம்.

பொதுவாகத் துருவல் எந்திரங்களின் இயக்கத்தால் சிறிய பரப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. கிடைநிலை இழைப்பு எந்திரங்களின் இயக்கத்தால் அதிகமான பரப்பை உருவாக்கலாம்.

வெட்டி நீக்குதற்கான எந்திரங்கள். அட்டவணையில் 13, 14, 15 இலக்கமிடப்பட்ட எந்திரங்கள் இவ்வகையைச் சார்ந்தவை. குறைந்த பருமன் உள்ள பகுதிகளை வெட்டி நீக்கச் சக்கர வாள் பயன்படுகிறது. அதிக பருமன் இருக்குமேயானால் சுடர் வெட்டி பயன்படுகிறது.

அளவு, இயக்கத்திறன், செய்பொருளின் தன்மைகள், எந்திரத்தின் இயங்கு வேகம், உறுதித் தன்மை போன்ற பல காரணங்களின் அடிப்படையில் ஒரு குறிப்பிட்ட இயக்கத்திற்கு ஏதேனும் ஓர் எந்திரமே மிகத்தகுதி உடையது என்று தேர்வு செய்யப்படுகிறது.

ஒருமுனை வெட்டுக்கருவி. கடைபொறி, துளைபெரிதாக்கும் எந்திரம், இழைப்பு எந்திரம் போன்றவற்றில் இவ்வகைக் கருவி பயன்படுகிறது. இவற்றின் வடிவமைப்பு, எந்திரத்தின் தேவைக்கேற்ப வேறுபடும். இதன் வடிவம் நேராகவோ, வளைந்தோ ஏதேனும் தனிப்பட்ட அமைப்பு உடையதாகவோ இருக்கும். ஒரே உலோகப் பட்டையின் நுனிப்பகுதி மட்டும் சாணை பிடித்துத் தீட்டப்பட்டதாக இருக்கலாம். அல்லது இதன் உட்பகுதி ஓர் உலோகத்தால் அமைக்கப்பட்டு அதன் நுனிப்பகுதியில் பொருத்துமுனை ஏதேனும் பொருத்தப்பட்டு இருக்கலாம்.

ஒரே உலோகத்தால் அமைந்ததானால் முனை தேயத் தேய மீண்டும் சாணை பிடிப்பதன் மூலம் தீட்டப்பட்டுக் கூராக்கப்படுகின்றது. பொருத்துமுனை தேய்ந்து போனால் அம்முனை நீக்கப்பட்டு வேறு ஒரு புதிய பொருத்துமுனை இணைக்கப்படுகிறது. செய்பொருளில் இருந்து வெட்டி நீக்கப்படும் நீங்கு துகள்களைச் சிறு சிறு துகள்களாக வெட்டுதற்காக வெட்டுக்கருவியின் நுனிப்பரப்பில் ஒரு காடி வெட்டப்படுகிறது. இந்தக்காடி நீங்குதுகள் பொடிப்பான் எனப்படுகிறது.

பலமுனை வெட்டுக்கருவி. பல பற்களுள்ள சுழலும் வெட்டுக்கருவியே பலமுனை வெட்டுக்கருவி ஆகும். இவ்வகைக் கருவிகள் தொடர் வெட்டு எந்திரம், கிடைநிலைத் துளைபெரிதாக்கும் எந்திரம் போன்றவற்றில் பயன்படுகின்றன.

ஒருமுனை வெட்டுக்கருவியைப் போலவே ஒவ்வொரு முனையும் செங்கோணச் சாய்வுக் கோணம், சாய்வுக் கோணம் இரண்டும் உடையதாகப் பல முனைக்கருவி வடிவமைக்கப்படுகிறது. செங்கோணச் சாய்வுக் கோணத்தால் கூரிய வெட்டுமுனை செய்பொருளின்மேல் செலுத்தப்படுவதையும் நீங்குதுகளை நீக்குவதையும் கட்டுப்படுத்தலாம்.

சாய்வுக் கோணத்தினால் இயக்கம முடிக்கப்பட்ட பகுதி பாதிக்கப்படாமல் காக்கலாம். இக்காரணங்களின் அடிப்படையில் தேவைக்கேற்ப கோணங்கள் மாற்றப்பட்டுப் பல்வேறு வடிவில் இக்கருவிகள் கிடைக்கின்றன. சாதாரண பல்முனை வெட்டுக்கருவியில் மிகச்சிறிய வாள் சக்கரம் முதல் மிகப்பெரிய அளவு வரையில் பலவகைகள் உள்ளன. பக்கம் வெட்டுக்கருவியில் பற்கள் ஒரு புறம் அல்லது இருபுறமும் இருக்கின்றன. பரப்பு வெட்டும் கருவியின் பற்கள் ஒரு தட்டைச்சுற்றி வைக்கப்பட்டவை போலிருக்கின்றன.

வெட்டுவேகமும் வெட்டளவும். செய்பொருளுக்கும், வெட்டுக்கருவிக்கும் இடையே உள்ள சார்பு நகர்வில் வெட்டு வேகமும் வெட்டளவும் கவனிக்கப்பட வேண்டிய முக்கிய கூறுகளாகும்.

செய்பொருளின் பரப்பிற்கும் வெட்டுக்கருவிக்கும் இடையே உள்ள நகர் வேகமே வெட்டுவேகம் எனப்படுகிறது. பொதுவாக வெட்டுவேகம் இவ்வளவு நேரத்திற்கு இத்தனைத் தொலைவு அங்குலம் அல்லது மில்லி மீட்டர் நகர்வு என்றே குறிக்கப்படுகிறது.

வெட்டளவு என்பது செய்பொருளுக்குள் எவ்வளவு தொலைவிற்கு வெட்டுக் கருவி ஒவ்வொரு முறையும் செலுத்தப்படுகிறது என்பதையே குறிக்கிறது.

வெட்டுவேகத்தையும் வெட்டு அளவையும் ஒரு சேரக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் எந்திர இயக்கத்தின் தன்மையை உயர்த்தலாம்.

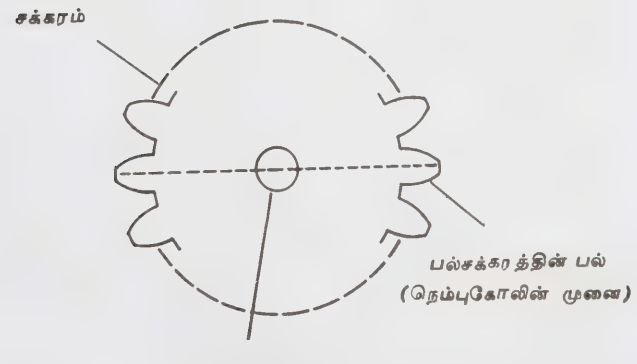
வெட்டு நீர்மம். எந்திர இயக்கத்தினால் வெட்டுக் கருவியும் செய்பொருளும் ஒன்றோடு ஒன்று

உராய்வதால் அந்த உராய்வின் காரணமாக வெப்பம் ஏற்படுகிறது. வெப்பத்தின் நிலை அதிகரித்தால் செய் பொருள் வடிவில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. எனவே வெட்டும் இடத்தில் குளிர்விப்பதற்காக வெட்டு நீர்மம் பயன்படுகிறது. குளிர்வித்தலைத் தவிர, செய்பொருளின் தோற்றத்தைப் பொலிவு கொள்ளச் செய்வதற்கும், நீங்கு துகள்களை நீக்கிக்கொண்டு செல்லுதற்கும், வழித்தடங்களில் உயவிடுதற்கும் கூட வெட்டு நீர்மங்கள் பயன்படுகின்றன.

- வயி. அண்ணாமலை

எந்திர உறுப்பு

பெரும்பாலான கருவிகளையும், சாதனங்களையும் எந்திரங்களையும் உருவாக்கப் பயன்படும் ஆதார எந்திரப் பகுதி எந்திர உறுப்பு (machine element) எனப்படும். பண்டைக் காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட அடிப்படை எந்திர உறுப்புகளான சக்கரம், தண்டு (shaft), நெம்புகோல் ஆகியவற்றைக் கொண்டு படிப் படியான பல மாற்றங்கள் புகுத்தப்பட்டதன் விளை வாகத் தொழிற்புரட்சி ஏற்பட்டது. இதன் பயனாக, ஜேம்ஸ் வாட் என்பார் நீராவி ஆற்றலைப் பயன் படுத்தி நீராவிப் பொறியை இயக்கிக் காட்டினார். பின்னர் பல அறிவியல் விந்தைகள் மனித சமுதாயத் திற்கு அறிமுகப்படுத்தப்பட்டன.



படம் 1. பல்சக்கரம் (சக்கரம் மற்றும் நெம்பு கோலின் பண்பைக் கொண்டது)

எந்திர உறுப்புக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு பல் சக்கரம் (gear) ஆகும். அடிப்படையில் இது சக்கரம், நெம்புகோல் இவற்றின் இணைந்த கோட்பாட்டுத் தத்துவத்தில் இயங்குகின்றது. இதைப் பெரும்பாலும் ஒரு தண்டில் பொருத்தி இயக்குவார்கள். சுழல் திறனை ஒரு தண்டிலிருந்து மற்றொரு தண்டிற்குக் கூடுதலாகவோ குறைவாகவோ மாற்றம் செய்ய அல்லது செலுத்த இவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு சுழல் திறன் கூடும்போது, தொடர்புடைய தண்டின் வேகம் குறைவாகவும், சுழல் திறம் குறை யும்போது தண்டின் வேகம் அதிகமாகவும் இருக்கும். தற்போது உந்து வண்டிகளில் உள்ள பல் சக்கரப் பெட்டியில் பல பல் சக்கரங்கள் பயன்படுத்தப்படு கின்றன. மேலும் பலவகை எந்திரங்களிலும் மேலே கூறப்பட்ட காரணங்களின் வழியே இவை அதிகம் பயன்படுகின்றன. பல் சக்கரத்தின் வலிமை அது செய்யப்பட்ட உலோகத்தின் பண்பைப் பொறுத்து அமையும். மேலும் அதன் தேய்வு பொருளின் கடினத் தன்மையைப் பொறுத்து அமையும். பல் சக்கரங்கள் சுழலும்போது பற்களில் ஏற்படக்கூடிய விசை களைப் பொறுத்து இச்சக்கரங்களின் விட்டத்தின் அளவு மாறுபடும். மேலும் பல் சக்கரங்களின் உருவ வேறுபாடுகள் எங்கு அவை பயன்படுகின்றன என்பதைப் பொறுத்து மாறுபடும். உருவங்கள் பின் வருமாறு பலவகைப்படும். அவை குதிமுள் பல்சக்கரம் (spurgear) திருகு சக்கரம் (helical gear) சாய்வுப் பல் சக்கரம் (bevel gear) ஹைப்பாய்ட் பல்சக்கரம் (hypoid gear) புழுப் பல் சக்கரம் (worm gear) எனப்படும்.

ஒவ்வொருவகைப் பல் சக்கரமும் தனித்தன்மை யான பணிகளுக்குப் பயன்படுகின்றது.

மற்ற அடிபபடை எந்திர உறுப்புகள் அனைத்தும் சக்கரம் மற்றும் நெம்புகோல் தத்துவத்தை அடிப் படையாகக் கொண்டு இயங்குகின்றன. ஒரு சக்கரம் சுழல்வதற்கு நடு சுழல்தண்டு தேவைப்படும். சக்க ரத்தை இச்சுழல் தண்டில் பொருத்த எந்திரச்சாவி பயன்படுகிறது. ஒரு சுழல் தண்டை மற்றொரு சுழல் தண்டுடன் இணைக்க இணப்பி (coupling) என்னும் அமைப்பு, பயன்படுகின்றது. சுழல் தண்டைத் தாங் கும் பொருட்டுத் தாங்கிகள் பயன்படுகின்றன. தாங்கி கள் பலவகைப்படும். அவை, சுழல் தாங்கி (journal bearing), மணித்தாங்கி (ballbearing) உருளைத் தாங்கி (roller bearing), எனப்படும்.

சுழல் தண்டு தன் இயக்கத்தை ஏற்றவகையில் தொடங்க ஊடிணைப்பையும் (clutch) இயக்கத்தை நிறுத்தும் பொருட்டு வேகத்தடுப்பானையும், (brake) பயன்படுத்தலாம். மேலும் சுழல் தண்டை இயக்கப் பட்டைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன, தட்டை வடி வப் பட்டை அல்லது V வடிவப்பட்டை பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சிலசமயங்களில் சங்கிலி ஓட்டு அல்லது கயிற்று ஓட்டு பயன்படுத்தப்படும். இவ்வாறு ஒரு சுழல் தண்டிலிருந்து சுழல்சக்தியை மற்றொரு சுழல் தண்டிற்குச் செலுத்தலாம்.

மேலும் சில தனித்தன்மை பெற்ற எந்திர உறுப்பு களும் எந்திரங்களை உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன,

அவை நெம்புருள் (cam), சமனுருள் (fly wheel), சுருள்வில் (spring), (வேக) கட்டுப்படுத்தி,(governor), திருகு (screw) அறையாணி (rivet), மரைஆணி மற்றும் மரை (bolt and nut), ஆகும்.

எந்திர உறுப்புகளைச் சரிவர வடிவமைக்க அவ்வுறுப்புகளில் செயல்படக்கூடிய விசைகளைப் பற்றிய கணக்கீடும், பயன்படுத்தப் படவேண்டிய பொருள்களின் வலிமை பற்றிய கணக்கீடும், வரைபடங்களும் தேவை.

எந்திர உறுப்புகள் பல்வேறு செந்தர அளவுகளில் பெரும்பாலும் மிகை எண்ணிக்கையில் உற்பத்தி செய்யப்படும். இவ்வாறு பெரிய அளவில் உற்பத்தி செய்யப்படுவதால் எந்திர உறுப்புகள் நல்ல தரம் உடையவையாக நுகர்வோருக்கு மலிவு விலையில் கிடைக்கும். பொதுவாக எந்திர உறுப்புகள், தேவைக்கேற்றாற்போல் சிற்சில மாற்றங்களைப் பெற்றிருக்கலாம். ஆனால் சில பாதுகாப்புக் கருவிகளை மாற்றம் செய்யும் முன்னர் அவற்றிற்குரிய பாதுகாப்பு நிறுவனத்தின் ஒப்புதல் பெற்றே இம்மாற்றங்களைப் புகுத்த வேண்டும்

- க. வேதகிரி

எந்திரக் கருவி

உலோகத்தை, வேலை செய்யப்படவேண்டிய உலோகத் துண்டிலிருந்து வெட்டும் கருவிகளைக் கொண்டு நீக்குவது, எந்திரச் செயல்பாடு எனப்படும். இச்செயல்பாடுகள் வெளி ஆற்றலால் (external power) இயங்கும் அமைப்பில் மேற்கொள்ளப் படுகின்றன. இதனால் வேலை செய்யப்படும் துண்டிற்குத் தேவையான வடிவமும், சீராக்கமும் கிடைக்கின்றன.

வெட்டும் கருவி. ஒன்று அல்லது பல முனைகளை உடைய கொந்துளி (broaching), துருவல் உளி (milling machine), மென்மெருகிடும் கற்கள் (honing stones), தேய்ப்புப் பொருள், வாள் அலகு (saw blade) போன்றவை பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் வெட்டும் கருவிகள் ஆகும். இக்கருவிகள் வெளித்தோற்றத்தில் வேறுபட்டிருந்தாலும், அடிப்படை வெட்டும் வேலையில். உலோகத்தை வெட்டி அகற்றுவதில் ஒன்றாகவே இருக்கும். சில கருவிகள் உலோகங்களைப் பெருமளவில் சீவல்களாகவோ துண்டுகளாகவோ நீக்குகின்றன. வாள், மென்மெருகிடும் கற்கள் போன்றவை உலோகங்களைச் சிறிய அளவில் நீக்குகின்றன.

வெட்டுளிகளையோ, வேலை செய்யப்பட வேண்டிய உலோகத் துண்டையோ பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் எந்திரங்கள் அளவிலும் கட்டமைப்பிலும் வேறுபடுகின்றன. எந்திரக் கருவிகள் கையால் பிடித்துக் கொள்ளக் கூடிய துளையிடும் அல்லது சாணைபிடிக்கும் சிறிய கருவிகளிலிருந்து, தானியங்கும், பலவகையான செயல்முறைகளுக்கு உதவும் பெரிய கருவிகள் வரை வேறுபடுகின்றன.

வெட்டுளி பயன்படும் எந்திரச் செயல்முறைகளில் வேலை செய்யப்படும் உலோகத் துண்டிற்கும், வெட்டும் கருவிக்குமிடையே ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சார்பு இயக்கங்கள் தேவையாக உள்ளன. சிலவற்றில் வேலை செய்யப்படும் துண்டு நகருமாறும், சிலவற்றில் வெட்டுளி நகருமாறும் வடிவமைக்கப் படுகின்றன. வெட்டுளியைப் பயன்படுத்தும் எந்திரச் செயல்முறைகள் சுழற்சி இயக்கத்தையோ, முன்பின் இயக்கத்தையோ கொண்டுள்ளன. எடுத்துக் காட்டாக, கடைசல் எந்திரத்தில் மேற்கொள்ளப் படும் கடைதலிலும், துரப்பணக் கருவியிலும் வேலை செய்யப்படும் துண்டு சுழல்கிறது. வெட்டுளி முன் பின்னாக இயங்குகிறது. துருவல் எந்திரத்தில் இதற்கு எதிர்மாறாக நிகழ்கிறது.

ஒரு முனைக் கருவி. பொதுவாக எந்திரங்களில் பயன்படும் பல கருவிகளில் ஒருமுனைக் கருவிகளே அடிப்படையானவையாகும். இவ்வகைக் கருவிகள் கடைசல் எந்திரம், துளை விரிவாக்கும் எந்திரம், வடிவமைப்பு எந்திரம், இழைப்பு எந்திரம் போன்றவற்றில் பயன்படுகின்றன. சிற்சில மாற்றங்களுடன் வேறு எந்திரங்களிலும் பயன்படுகின்றன. ஒருமுனைக் கருவிகள் அவை பயன்படும் எந்திரச் செயல்முறையைப் பொறுத்து வடிவமைப்பில் வேறுபடுகின்றன. இக்கருவிகள் நேராகவோ, வளைந்தோ, வெட்டும் முனை வேலை செய்ய வேண்டிய இடத்தை அடைவதற்கு இலகுவாகச் சிறப்பு அமைப்புகளைப் பெற்றோ இருக்கும். இக்கருவிகள் அதன் வெட்டும் முனைகள் சீராக்கப்பட்ட ஓர் எஃகு துண்டிலிருந்தோ உறுதியான வெட்டும் பரப்பைப் பெறுவதற்காக வெட்டும் முனை தனியாக இணைக்கப்பட்டோ உருவாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு இணைக்கப்படும் பகுதி, உயர்தர எஃகினாலோ சின்டர்டு கார்பைடு போன்ற சிறப்புப் பொருளினாலோ உருவாக்கப்படுகிறது. ஒரு முனைக் கருவிகள் சாணை பிடித்தலின் மூலம் கூராக்கப்படுகின்றன. தனியாக இணைக்கப்பட்ட பகுதி, சீர்குலைந்து விட்டால் அப்பகுதி நீக்கப்படுகின்றது.

பலமுனைக் கருவி. பொதுவாகப் பயன்படும் இரண்டாம் வகை வெட்டும் கருவியே பலமுனைக் கருவிகளாகும். இக்கருவிகள் துருவல் எந்திரங்களிலும் கிடைமட்டத் துளை விரிவாக்கும் எந்திரங்களிலும் பயன்படும். பலமுனைக் கருவிகள், ஒருமுனைக் கருவிகளை விட விரைவான செயல்முறைக்கு உதவுகின்றன. பலமுனைக் கருவிகள், ஒருமுனைக் கருவிகளைப் போல் சரிவுக் கோணத்தையும் (rake angle), இடைவெளிக் கோணத்தையும்

கொண்டுள்ளன. சரிவுக் கோணம் உலோகத் துருவல் களை நீக்கவும், இடைவெளிக்கோணம் வெட்டும் முனைக்குப் பின்னால் உள்ள வெட்டுப் பல்லின் பகுதி வேலை செய்யும் துண்டைச் சீராக்கவும், உராய்வு விசை, இழுவிசை ஆகியவற்றைத் தவிர்க்கவும் உதவுகின்றன. பலமுனைக் கருவிகள் பல்வேறு வடிவங்களில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன,

- வா. அனுசுயா

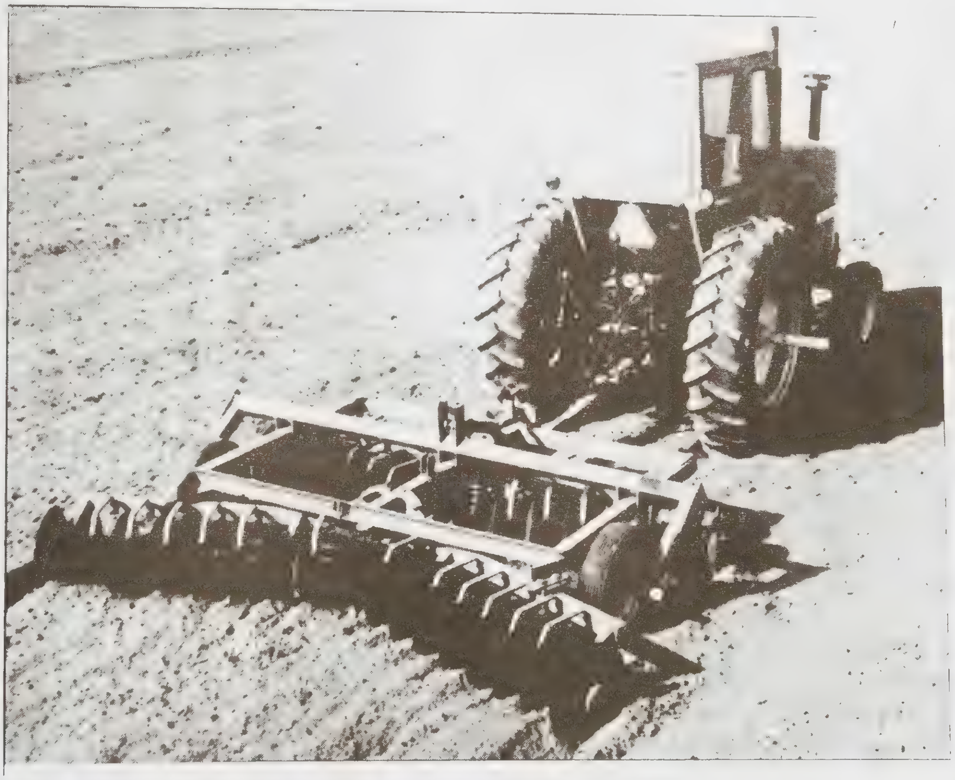
எந்திரக் கலப்பை

தற்போது நிலத்தை உழுவதற்கு மாட்டுக் கலப்பை களை விட உழும் எந்திரங்களே (tractor) அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இத்தகைய உழும் எந்திரங் களுடன் இணைக்கப்படும் எந்திரக் கலப்பைகள் அதிக ஆழத்தில் உழும் ஆற்றல் பெற்றவை. இவை வயல் களில் வளரும் புல் பூண்டு செடிகொடிகளை மண்ணோடு மண்ணாகக் கலப்பதற்கும் மண் கட்டி களை உடைப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குறைந்த நேரத்தில் அதிக நிலப்பரப்பை உழுவதே எந்திரக் கலப்பைகளின் தனிச் சிறப்பாகும்.

தற்போது வளை பலகைக் கலப்பை (mould board plow) தட்டுக் கலப்பை (disc plow) என்று இரு விதமான எந்திரக் கலப்பைகள் புழக்கத்தில் உள்ளன.

எந்திரக் கலப்பைகளின் தொழில் நுட்பங்கள். எந்திரக் கலப்பை உழும் எந்திரத்திலிருந்து கழற்றப் பட்டிருக்கும்போது மேற்புற இணைப்பு (top link) கலப்பையுடனேயே இணைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். உழும் எந்திரத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கக் கூடாது. கலப்பையை உழும் எந்திரத்துடன் இணைக்கும் போது, முதலில் இடக் கீழ்புற இணைப்பு, அடுத்தது வலக் கீழ்ப்புற இணைப்பு, இறுதியாக மேற்புற இணைப்பு என்ற வரிசையில் இணைக்க வேண்டும். அதுபோல முதலில் மேற்புற இணைப்பு, பின் வலக் கீழ்ப்புற இணைப்பு, இறுதியாக இடக் கீழ்ப்புற இணைப்பு என்ற வரிசையில் கழற்ற வேண்டும்.

எந்திரக் கலப்பையுடன் இணைந்த நிலையில் உழும் எந்திரம், சாலைகளில் செல்லும்போது வலக் கீழ்ப்புற இணைப்பிலுள்ள நெம்புகோல் போன்ற அமைப்பைச் சுழற்றி அந்த இணைப்பை முழுதுமாக மேலே உயர்த்தி விட வேண்டும். இதனால் கலப்பை பக்கவாட்டில் அசைந்து எந்திரத்தின் சக்கரத்தில் மோதுவது தவிர்க்கப்படும்.



படம், தட்டுக்கலப்பை

அனைத்து எந்திரக் கலப்பைகளிலும் குறுக்குத் தண்டு (cross shaft) உள்ளது. அதன் ஒரு பக்கத்தில் மேற்புறத்தில் கிடைமட்டமாகக் கோடு ஒன்று இருக்கும். இந்தக் குறுக்குத் தண்டு உறையினுள் (brackets) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அவ்வுறையில் 1,2,3 என்று மூன்று கோடுகள் செதுக்கப்பட்டிருக்கும். குறுக்குத்தண்டின் நடுக்கோடு இந்த மூன்று கோடுகளில் ஒன்றுடன் பொருந்துமாறுஅமைப்பதன் மூலம் கலப்பை உழும் அகலத்தை மாற்றஇயலும், இது குறுக்குத் தண்டை உறையிலிருந்து நீக்கி, அத்தண்டை சுழற்றித்தேவையான நிலையில் மீண்டும் உறைக்குள் மரைகளால் இறுக்கிப் பொருத்துவதன் மூலம் பெறப்படுகிறது.

கலப்பையை உழும் எந்திரத்துடன் இணைத்த பின், கலப்பையின் குறுக்கு நெடுக்குச் சட்டங்கள் தரை மட்டத்துக்கு இணையாக இருக்கின்றதா எனக் கவனிக்க வேண்டும். அவ்வாறு இணையாக இல்லாவிட்டால் உழும் எந்திரத்தில் உள்ள வலக் கீழ்ப்புற இணைப்புடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள நெம்புகோலைச் சுழற்றிக் குறுக்குச் சட்டம் தரைக்கு இணையாகுமாறு செய்ய வேண்டும்.

இவ்வாறே, கலப்பையின் மேற்புற இணைப்பின் நீளத்தைக் குறைத்தோ, கூட்டியோ நெடுக்குச்சட்டத் தைக் கிடைமட்டமாக்க வேண்டும். நிலத்தை உழும் போது, உழும் எந்திரத்தின் கீழ்ப்புற இணைப்பு களுடன் கோக்கப்பட்ட சங்கிலிகள் இரண்டும் சம மான தொய்வுடன் இருக்க வேண்டும். இதற்குக்கலப் பையின் குறுக்குத் தண்டு பக்கவாட்டில் நகர்த்தி சீர் செய்யப்படவேண்டும்.

சில கலப்பைகளில் உழும் ஆழத்தை மாற்றி அமைக்க, தரை உருளை ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக் கும். இத்தரை உருளையின் கைப்பிடியைச் சுழற்றி தேவையான ஆழத்தில் கலப்பை உழும்படிச் செய்யப் படுகிறது. அதாவது தரை உருளையை மேலே தூக்கி வைத்தால் கலப்பை அதிக ஆழத்தில் உழும். கீழே இறக்கி வைத்தால் உழப்படும் ஆழம் குறையும்.

தட்டுக் கலப்பையில் மேற்கொள்ளப்படும் நுட்பம். தட்டுக் கலப்பையின் பின்புறம் சால் உருளை (furrow wheel) ஒன்று இருக்கும். அதன் சுழலும் தகடு கலப்பை நகரும் திசைக்கு இணையாக இருக்க வேண்டும்.

தட்டுக் கலப்பையை உழும் எந்திரத்துடன் இணைக்கும்போது இடக் கீழ்ப்புற இணைப்பைக் காப்புச் சட்டம் (check strut) கொண்டு இணைக்க வேண்டும். தட்டுகளைத் தாங்கியுள்ள உறையில் (disc bearing bracket) மூன்று பள்ளங்கள் உள்ளன. கலப்பை உழும் ஆழத்திற்குத் தக்கவாறு தட்டுகளைத் தகுந்த பள்ளத்தில் பொருத்த வேண்டும். தட்டு களின் உட்புறம் மண் எப்போதும் ஒட்டிக் கொள்ளா மல் இருக்க இதனுடன் தகடுகள் தட்டுகளுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். உழும் ஆழம் அதிகமாக இருந்தால் இத்தகடுகள் தரை மட்டத்திற்கு உயரே இருக்க வேண்டும். வயலில் கட்டிகள் அதிகமான அளவில் உடைக்கப்பட வேண்டி இருந் தால் இத்தகடுகளைச் சற்றுத் தாழ்த்தி வைக்க வேண்டும்.

சால் உருளையின் நடு அச்சில் 1,2,3 என்று மூன்று வளையங்கள் சம இடைவெளிகளுடன் செதுக்கப்பட்டிருக்கும். கலப்பையின் குறுக்குத் தண்டில் உள்ள நடுக்கோடு அதன் உறையில் உள்ள கோடு 1-க்கு நேராக இருந்தால், சால் உருளையின் நடு அச்சில் உள்ள முதல் வளையம் அதன் உறையின் விளிம்புகளுக்கு நேராக இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும்.

- வா. அனுசுயா

எந்திரச் சாவி

ஒரு சுழல் தண்டில் ஒரு கப்பி அல்லது பல்சக்கரம் பொருத்தப்படும்போது இரண்டிற்கும் இடையே சார்பு இயக்கம் இல்லாத ஒரு கூட்டு அமைப்பாக அவ்விணைப்பு செயல்படுதல் வேண்டும். இவ்வாறு ஒரே அமைப்பாகச் செயல்படும்போதுதான் இயக்க ஆற்றலை ஒரு சுழல் தண்டிலிருந்து மற்றொரு சுழல் தண்டிற்குச் செலுத்த இயலும். அவ்வாறு ஒரே அமைப்பாகச் செயல்படுவதற்கு, இவ்விரண்டு உறுப்பு களுக்கு இடையே பொருத்தப்படும் முக்கிய உறுப்பே எந்திரச் சாவி (machine key) எனப்படும். எந்திரங் களில் பலவகை எந்திரச் சாவிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

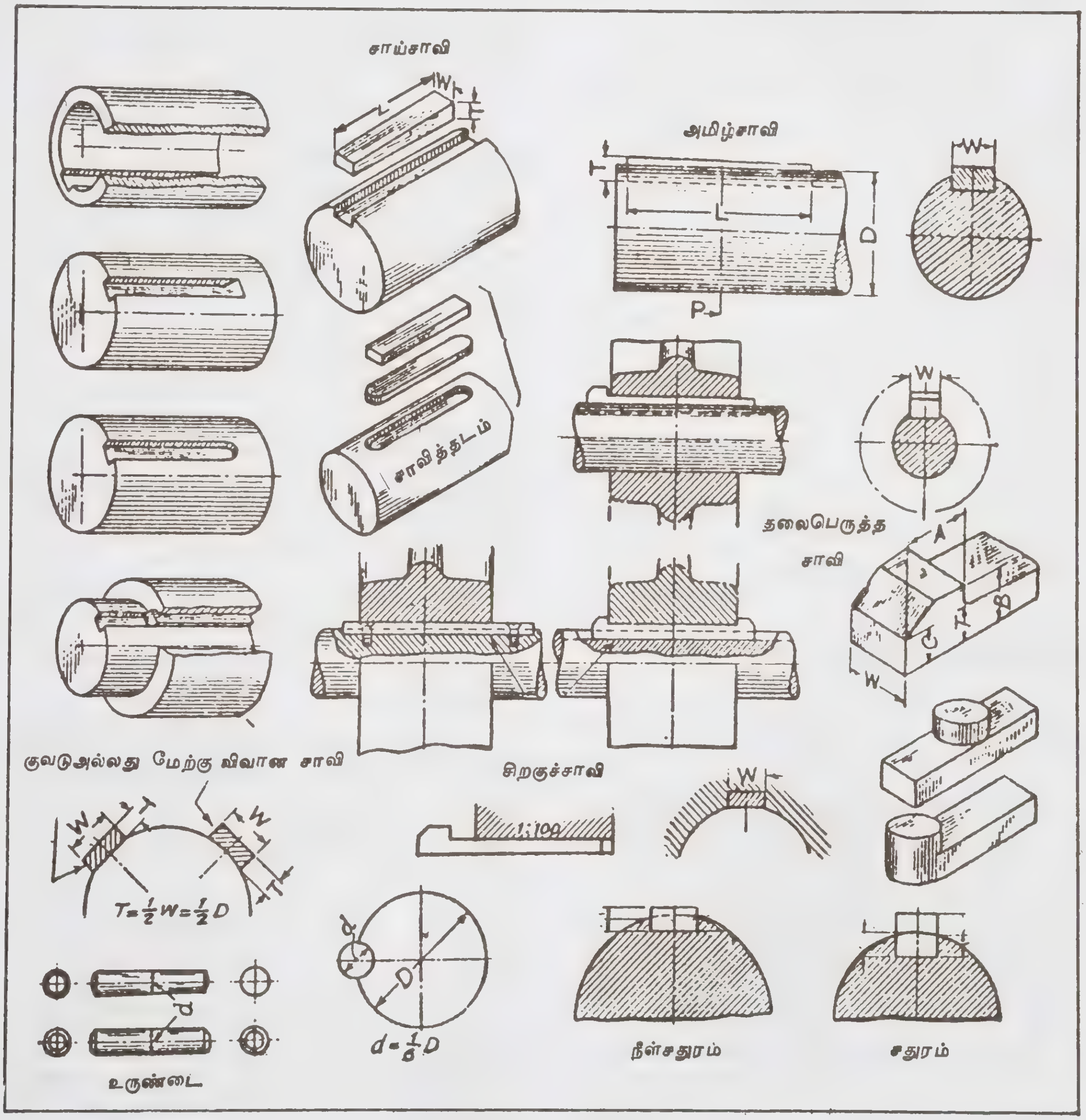
பொருத்தலின் தன்மை, இணைப்பின் நிலைத் தன்மை, உற்பத்தி விலை ஆகிய காரணங்களின் தன்மையைப் பொறுத்துச் சுழல் ஆற்றலின் தேவை அமையும்.

குறைந்த சுழல் ஆற்றலைச் செலுத்தவேண்டு மாயின் திருகு ஆணியைப் பயன்படுத்தினால் போது மானது. இத்திருகு ஆணியைச் சுழல் தண்டில் தொடுமாறு பதித்துத் திருக வேண்டும். ஆனால் இவ்வகை இணைப்பில் திருகு ஆணி அடிக்கடி நழு வும் வாய்ப்பு உண்டு. எனவே பெரும்பாலான சமயங்களில் எந்திரச் சாவி நழுவாமல் இருக்கத் திருகு ஆணியைப் பொருத்துவார்கள். இதனால் எந்திரச் சாவி அச்சுத் திசையில் நழுவாமல் இருக்கும்.

சதுர எந்திரச் சாவிகள் பொதுவாகத் தொழிற் சாலை எந்திரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தட்டை எந்திரச் சாவிகள் பெரும்பாலும் எந்திரக் கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சதுர அல்லது தட்டைச் சாவிகள் நீளவாட்டில் ஒரே குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு உடையவையாக இருக்கும் அல்லது சற்றே சாய்வாகவும் இருக்கும். சாய்வான சாவி களின் அகலம் ஒரே அளவாக இருக்கும். ஆனால் உயரம், நீளவாட்டில் வேறுபடும். இவ்வகைச் சாவிகள் தலைபெருத்த சாவி எனப்படும். இவ் வகைச் சாவியை எளிதில் வெளியே எடுக்கலாம்.

கென்னடி சாவி என்னும் சாவியை மிக அதிகமான சுழல் ஆற்றல் செலுத்த வேண்டிய வேலைகளில் பயன்படுத்துவர். இதில் இரண்டு சாவிகள் 90° கோண இடைவெளியில் பொருத்தப் பட்டு இருக்கும். மையப்பகுதி சுழல் உருளையில் பொருந்துமாறு ஒரு துளையும், மேலும் ஒரு மறு துளையும் இட்ட பின்னர் அவை மையப் புள்ளியில் இருந்து சற்றே விலகி உள்ளவாறு தோன்றும். இரண்டு சாவிகளையும் அவற்றிற்குரிய இடங்களில் பொருத்தும்போது சுழல் உருளையும் மையப் பகுதியும் ஒரே மையமுள்ளவையாக அமைந்துவிடும். குவடு எனப்படும் வட்டக் கோணவடிவச் சாவி, அமைப்பில் அரைவட்டமாக இருக்கும். இவ்வரைவட்டச்சாவி தன் இருக்கையில் பதிவதற்கு ஏற்றவாறு சுழல் தண்டு துருவப்படும். இவ்வகைச் சாவியில் உள்ள ஒரு முக்கிய குறைபாடு, சுழல்தண்டைத் துருவியதன் விளைவாகத் தண்டின் வலிமை பெரிதும்பாதிக்கப்படும். உருண்டை அல்லது வட்டச் சாவியில் தகைவுச்



எந்திரச் சாவி வகைகள்

செறிவு சற்றுக் குறைவாக இருக்கும். இச்சாவி சிறிய உருளை வடிவில் அமைந்திருக்கும். இச்சாவியைப் பொருத்தும் முன்னர், சுழல்தண்டு மற்றும் மையப் பகுதி இணைந்த கூட்டமைப்பில் இரண்டும் சேரும் இடத்தை மையமாகக் கொண்டு சாவியின் விட்டத் திற்கு ஒரு துளை இடவேண்டும். இதன் விளைவாக மாற்றத்தக்க தன்மை பாதிக்கப்படலாம்.

காடித்தண்டு (splined shaft) என்னும் சுழல் தண்டில் பல சாவிகள் கூட்டாக அமைந்திருக்கும். இதற்குத் தக்கவாறு மையப்பகுதி கொத்துப் பொறி (broaching machine) மூலம் துருவி எடுக்கப்பட்டிருக் கும். இவ்வகைத் தண்டுகள் பெருமளவு உற்பத்தி செய்ய ஏற்றவாறு வடிவமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆரத் திசையில் குறைவான இடத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டிய தருணங்களில் இவை பொதுவாகப் பயன் படுத்தப்படும். நேரான சாவிகளுக்கான சாவிப் பாதைகளைப் பக்கத் துருவல் வெட்டியைப் (side-milling cutter) பயன்படுத்தியும் முனைத் துருவல் (end milling) வெட்டியைப் பயன்படுத்தியும் உருவாக்குவார்கள்.

சிறகுச் சாவிகள் (feather keys), சுழல்தண்டில் இருந்து ஒரு கப்பியையோ, சக்கரத்தையோ நழுவி எடுக்க ஏதுவாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பொது வாகச் சாவிகள் சுழல்தண்டுக் காடியில் இறுக்கமாக வும் மையத்தண்டின் காடியில் சற்றுத் தளர்வாகவும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். சுழல்சக்தி செலுத்தப்பட்டு இருக்கும்போது ஒரு கப்பியையோ, சக்கரத்தையோ வெளியே எடுக்க, குறைவான விசையைப் பயன் படுத்துவதே விரும்பத்தக்கது. இதன் பொருட்டு இரண்டு சிறகுச் சாவிகள் சம தூரத்தில் உள்ளவாறு பொருத்தப்பட்டிருக்க வேண்டும். இவ்வகை அமைப் பில் ஒரு சாவிக்கு வேண்டிய விசையில் அரைப்பங்கு மட்டுமே பயன்படுத்தினால் போதும்.

- க. வேதகிரி

எந்திரச் சுருள்வில்

எந்திரவியல் துறையில் மட்டுமன்றி, அனைத்துத் தொழில்நுட்ப அமைப்புகளிலும் சுருள்வில் பலவாறு பயனளிக்கத் தக்க வகையில் உள்ளது. சுருள்வில் என்பது மீள்திறனுள்ள கம்பிச் சுருளாகும். மீள் திறன் பெற்றுள்ள உலோகத்தினைக் கொண்டு சுருள் சுருளாக வளைத்து உருவாக்கப்பட்ட கம்பியின் அமைப்பினைப் பெறுவதையே சுருள்வில் (spring) என்பர். நாணேற்றி, அதன் விசையில் வில்லின் திறனைப் பெறுவதைப் போலச் சுருள் சுருளாக அழுத் தப்பட்டு, அதன் பயனாக நீளும் போது விசையினைப் பெறுவதால் இதனைச்சுருள்வில் எனக் கொள்ளலாம். மீள்திறனைச் சரிவரப் பெற்றுள்ள உலோகத்தினால் செய்யப்படுவதால், சுருங்கியும் விரிந்தும் பயனளித்து மீண்டும் பழைய நிலையினை அடைந்து விடும்.

சுருள்வில்லின் இத்தகைய மீள்தன்மை அமுக்கத் திற்கு உள்ளடங்கி, நீள்தன்மையினால் விரிவடையும் போது ஏற்படுத்தும் விசை, பொறியியல் துறை யில் பல வியக்கத்தக்க செயல்களைச் செய்கிறது.

சுருள்வில் சுருக்கமடையும்போது ஆற்றலைத் திரட்டி வைத்துப் பின்னர் விரிவடையும்போது தகுந்தவாறு வெளிப்படுத்துகிறது.

பயன்கள். அதிர்வுகளால் ஏற்படும் ஆற்றல்களைச் சேகரித்தும், கட்டுப்படுத்தியும் அதிர்ச்சி விளைவு களைக் குறைத்தும் செயல்படச் சுருள்வில்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. நீராவிப் பொறி-இரயில் வண்டிகளிலும், தானியங்கிகளிலும் அதிர்வு தாங்கி யாகச்சுருள்வில் சிறப்பான பயனைத் தருகிறது.

வில்விசையினைத் தக்க நேரத்தில் சுமுகமாக அளிக்கச் சுருள்வில் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படு கின்றது. உதாரணமாக, கொதிகலன்களில் பயன் படுத்தப்படும் அடைப்பிதழ்கள் (valves), தானியங்கி ஊர்திகளில் உள்ள ஊடிணைப்புப் (clutch) போன்றவற்றில் சுருள்வில்லின் பங்கு போற்றுதற் குரியது.

தொடர்பில் உள்ள இரண்டு பகுதிகளில் தொடர்பு விட்டுப் போகாதவாறு சீரான நிலையில் வைத்திருக்கவும் தகுந்த அமுக்கத்தினைச் செலுத்து வதற்கும் சுருள்வில் சீரிய முறையில் பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, நெம்புருள் (cam), அதன் பின் பற்றி (follower) ஆகியவை சுருள்வில்லின் சிறப்பான இயல்பினைப் பெறுகின்றன.

இயக்கத்திலுள்ள பளுவான பொருள்களைத் தாங்கவும், எந்திரத்தில் ஏற்படும் அதிர்ச்சியைக் குறைக்கவும் அல்லது தடுக்கவும் சுருள்வில் பெரிதும் உதவுகின்றது.

சுருள்வில்லின் தன்மைகளைப் பொறுத்து ஏற்ற வாறு விசைகளை உண்டாக்கவும் செலுத்தவும் முடியும். அவ்வப்போது இயக்கத்தில் ஏற்படும் ஆற்றலைச் சேகரித்துப் பின்னர் சீரான தரத்துடன் வெளிப்படுத்தச் சுருள்வில்கள் உதவுகின்றன. இம் முறையில் சுருள்வில் கடிகாரம், விளையாட்டுப் பொருள், துப்பாக்கி போன்றவற்றில் செயலாற்று கிறது.

வகை. விலக்கங்களைத் (deflections) தாங்கும் ஆற்றலைப் பொறுத்துச் சுருள்வில்கள் பாகுபடுத்தப் படுகின்றன. இவை விதவிதமான வடிவங்களிலும், அமைப்புகளிலும் இருக்கின்றன. ஆற்றல், திறன்

அமைப்பு, அளவு ஆகியவற்றிற்கு ஏற்றவாறு சுருள் வில் பலவாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றது.

பொதுவாகச் சுருள்வில் மூன்று வகைப்படும்: அவை சுழல்விசைச் சுருள்வில், நெகிழ் நிலைச் சுருள் வில், நீள்விசைச் சுருள்வில் அல்லது அழுத்தச் சுருள்வில் எனப்படும்.

சுழல்விசைச் சுருள்வில். இதில் இரண்டு வகைகள் உண்டு. ஒன்று எழுவில் அல்லது திருகு சுழல் அமைப்பு, மற்றொன்று உருளை வடிவ அமைப்பு, திருகு சுழல் அமைப்பில் உருளை வடிவமும், கூம்பு வடிவமும் உண்டு. பிறிதொரு வகையான உருளை வடிவ அமைப்பில், தண்டு போன்றும் வளையம் போன்றும் சுருள்வில் அமைக்கப்படும். மிகச் சிறிய சுழல் திறனைக் கடத்தவும் நெகிழ்வுத் தன்மையுடைய (flexible) இயக்கங்களில் சுழற்சியையோ சுழல்திறனையோ எளிதாகச் செலுத்தவும் ஒரு மென்மையான அதிர்வு தாங்கியாகச் சுருள்வில் பயன்படுகின்றது. கதவுகளின் இணைப்பிலுள்ள கீல் (hinge), தானியங்கி ஊர்திகளில் சுழற்சியினை உண்டாக்க உதவும் இயக்கிகள் (starters), மின்னியக்கிகளில் உள்ள பிடிப்பான்கள் (holders) ஆகியவற்றில் சுழல் விசைச் சுருள்வில்லின் பயன் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இதன் அமைப்பு படம் 1-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

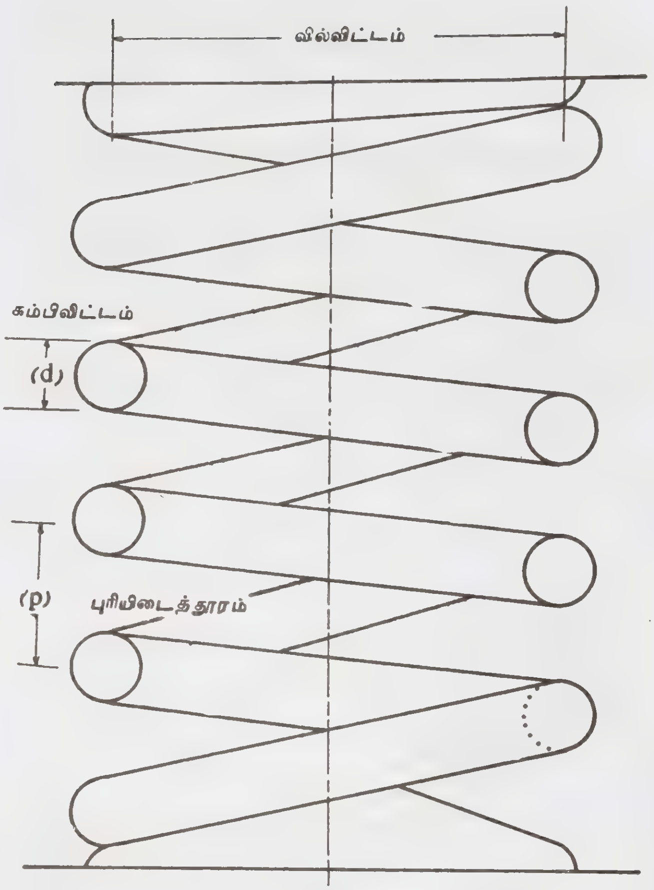
நெகிழ் நிலைச் சுருள்வில். இவ்வகையில் எழுவில் வடிவம், நீள் அல்லது அகச் சுருள் (spiral) வடிவம், தட்டை வடிவம் (flat), தகட்டு வடிவம் (disc) என நான்கு வகைகள் உண்டு.

நீளமான அல்லது அமுக்கப்பட்ட அமைப்பு. இவற்றில் சுருள்வில், வளையமாகவோ பாளமாகவோ, உருவாக்கப்படும்.

மேற்கூறப்பட்டவைகளுள் வட்ட வடிவக் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றமுடைய திருகு சுழல் அமைப்பில் உருவான எழு சுருள் வில்லே (helical spring) சிறப்பானது.

மற்றும் தகடு தகடுகளாகப் பொருத்தி உருவாக்கப்படும் சுருள்வில் அமைப்பு (leaf spring) அதிக அளவு பயனளிக்கக்கூடியது. இத்தகைய சுருள்வில்கள், அவை பயன்படுத்தப்படும் வேலைகள், செய்யப்படும் உலோகம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துக் குளிர்ந்த நிலையிலோ சூடேற்றப்பட்ட நிலையிலோ சுருள் சுருளாக்கப்படும்.

எழுவில்லின் சிறப்பியல்புகள். இதன் அமைப்பு படம் 1-இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய சுருள் வில், அச்சு மையச் சுமைகளை எளிதாகத் தாங்குகின்றது. இத்தகைய வடிவத்தினை உற்பத்தி செய்வதும் எளிது; மிகவும் நம்பகமானது; வெவ்வேறான ஆற்றல் எல்லைகளிலும் கிடைக்கும். இத்தகைய சுருள்வில்லின் தன்மை அடிக்கடி பயன்படுத்துவ



படம் 1. எழுவில் சுருள்வில்

தால் மாறிவிடாது; அது மட்டுமன்று இத்தகைய சுருள்வில்லின் இயல்புகளை நுட்பமாகக் கணிக்கலாம்; இதன்அளவீடுகளைத் தகுந்தவாறு மாற்றி, வேண்டும் வில்விசைகளைப் பெறலாம்.

தகட்டுச் சுருள் வில்லின் சிறப்பியல்புகள். இதன் அமைப்பு படம் 2-இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. தகட்டுச் சுருள்வில், மீள் திறனுள்ள உலோகத்தினால் ஆன தகடுகளை ஒன்றின்மேல் ஒன்றாக அடுக்கி அமைக்கப்படுகின்றது. இது மையத்தில் இணைப்பிற்குள்ளாக்கப்பட்டு இரு முனைகளிலும் சுமை அல்லது பளுவிற்குள்ளாக்கப்படுகின்றது.

ஒரு தாங்கு நெம்புகோல் போன்று தகட்டுச் சுருள்வில் பயன்தருகிறது. இத்தகடுகள் யாவும் சீரான வளைவுகளைப் பெறுவதற்கு ஏற்றவாறு அடித்து வைத்துச் செய்யப்படுகின்றன. தகடுகளின் நீளம் வெவ்வேறானது. இவை எந்திர அமைப்புகளில் குறைந்த பரப்பினையே ஆக்கிரமிக்கின்றன.

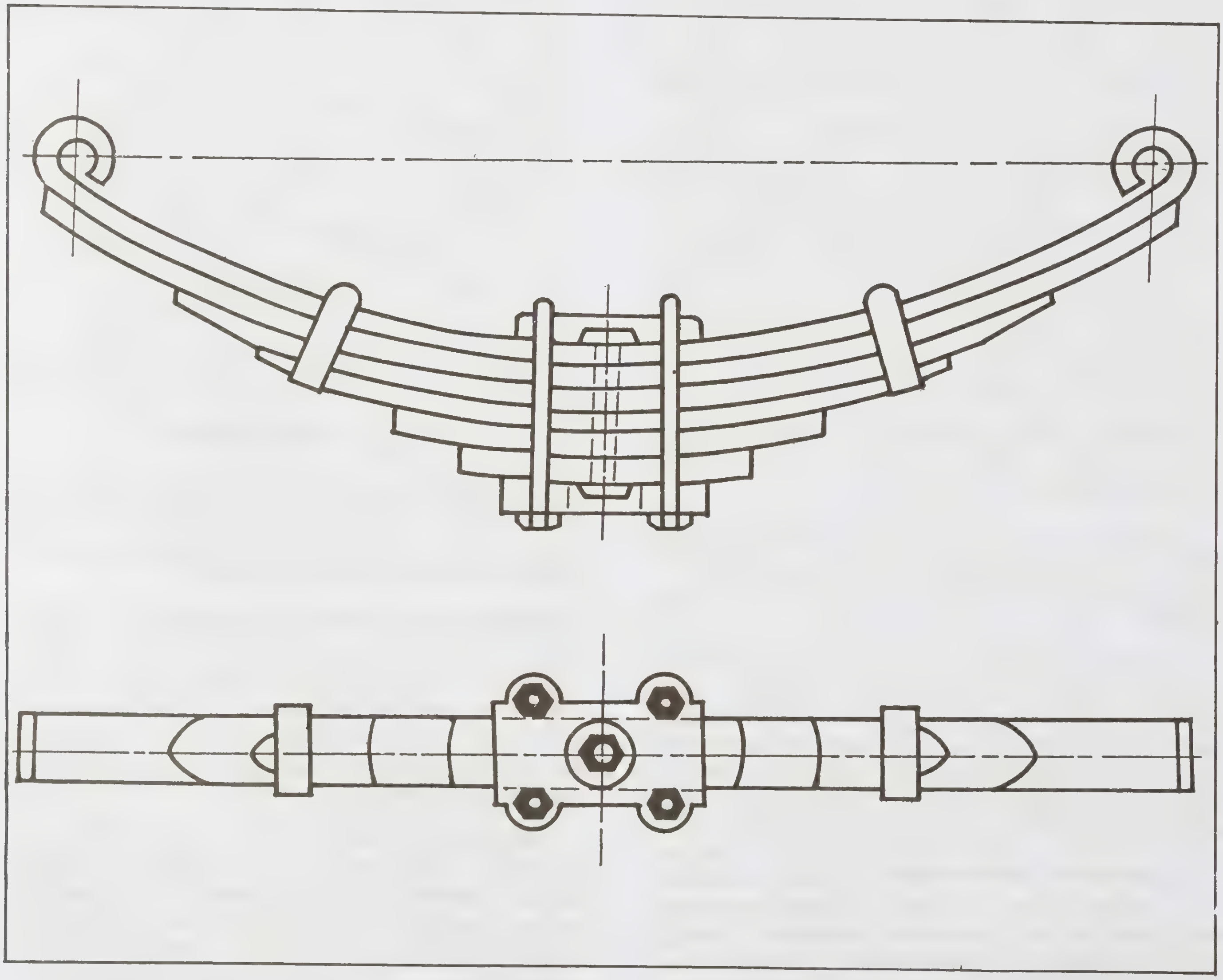
மேலும், இவை மிக அதிக அளவில் சுருள்வில் தன்மையும் (spring rate), அதிக அளவு சுமை தாங்கும்

சக்தியினையும் பெற்றுள்ளன. இவை பெரிதும் தானியங்கி ஊர்திகளிலும் விசைச் சுத்திகளிலும் (power hammer) மிகச் சிறப்பான பயனைத் தருகின்றன.

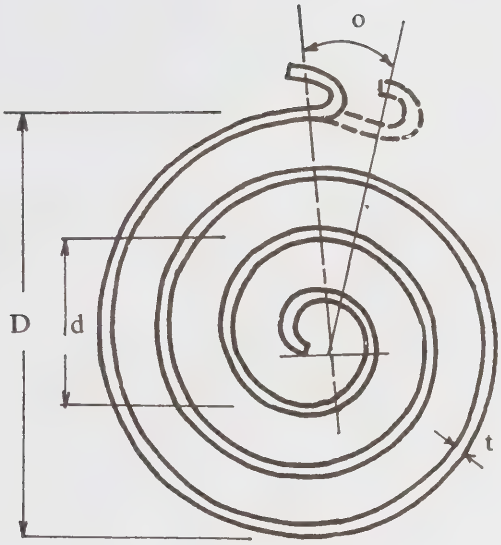
சுருள்வடிவச் சுருள்வில் (spiral spring). இத்தகைய சுருள் வில்லின் அமைப்பு, சிலந்தி வலை போன்று இருக்கும்; சுருள்வில் தன்மையும் மிகக் குறைந்த அளவில் இருக்கும். இருப்பினும் இது சிறிய எந்திரப் பாகங்களில் பொருத்தப்பட்டு வியக்கத்தக்க வகையில் நன்மைகளைப் பயக்கின்றது. சான்றாக, கடிகாரங்கள், மின்னியல் கருவிகள் திசை காட்டும் கருவிகள், சுட்டிக்காட்டும் அளவுமானிகள் ஆகியவற்றில் இதன் பயன் வியக்கத்தக்கது.

சிறப்புச் சுருள்வில். மேற்கூறப்பட்ட பொதுவான வகைகளைத் தவிர தட்டு வடிவச் சுருள்வில், நீள் சதுரச்சுருள்வில், கூம்புவடிவச்சுருள்வில் ஆகியவை மிக அதிகமான வில் தன்மை தேவைப்படும் அமைப்புகளில் பொருத்தப்படுகின்றன.

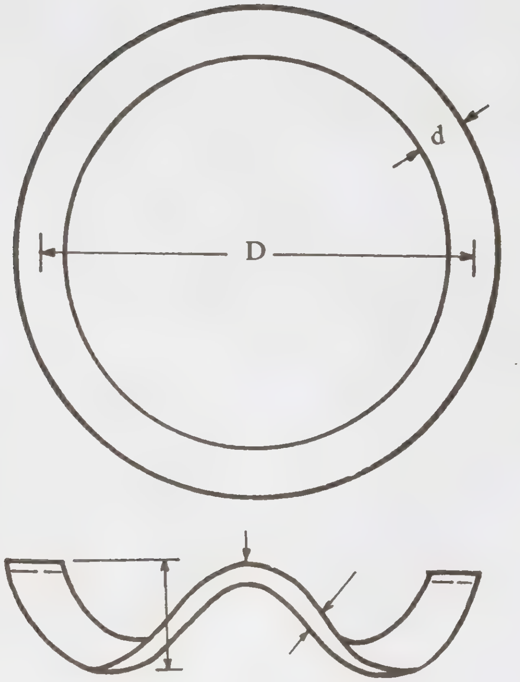
மேலும், அலை வடிவச் (wave washer) சுருள் வில்களும் உள்ளன. இவ்வகையான சுருள்வில் மூன்றிலிருந்து ஆறு அலை வடிவம், அல்லது வளைவுகளைப் படம் 4-இல் காட்டியுள்ளபடிப்பெற்றுள்ளது. எந்திர அமைப்புகளில் சில பகுதிகளை அமைக்கும் போது இடைவெளி ஏற்படலாம்; இத்தகைய இடைவெளிகளை ஈடு செய்வதற்கும் நிரப்புவதற்கும் இத்தகைய அலை வடிவ அமைப்புகள் பயன்படுகின்றன.



படம் 2. தகட்டுச்சுருள் வில்



படம் 3. சுருள் வடிவச் சுருள்வில்



படம் 4. அலை வடிவச் சுருள் வில்

பயன்படும் உலோகம். மீட்சி நிலையில், சுருள் வில் அதிக அளவில் பயனைத் தரவேண்டி உள்ளதாலும், அதிக சுருக்கம் ஏற்படும் பரப்பில் அதிகமான தகைவினைத் தாங்குவதாலும் உறுதியான உலோகங்களைக் கொண்டே சுருள்வில் உருவாக்கப் பட வேண்டும்.

உயர் கரி எஃகு (high carbon steel), குளிர் நிலையில் உருட்டப்பட்ட துருப்பிடிக்கா எஃகு, இரும்புக் கலப்பற்ற கலவை போன்றவை பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

நீள்சுருக்குச் (tension-compression) சுருள்வில் பெரிதும் மாங்கனீஸ் எஃகு, சிலிக்கான் எஃகு, குரோமியம்-வெனேடியம் எஃகு, டியூராலுமின் ஆகிய உலோகங்களினால் செய்யப்படுகின்றது.

மிகக்குறைந்த வெப்ப நிலையிலும், வேதிமாற்றங்களை ஏற்படுத்தும் அமைப்புகளிலும் பயன்படுத்தப் படும் சுருள்வில் பித்தளை அல்லது வெண்கலத்தால் செய்யப்படுகிறது. சிலசமயம் நெகிழி போன்றவற்றாலும் உருவாக்கப்படும்.

எழு சுருள்வில், செய்யப்படும் முன்னர் வெப்பப் பதனிடுதலுக்கு (heat treatment) உள்ளாக்கப்பட்டுப் பின்னர் சுற்றப்படும்.

துருப்பிடித்தல், அரிப்பு போன்றவற்றால் சுருள்வில் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கச் சில சமயம் வண்ணப் பூச்சு முலாம் பூசப்படும். பாஸ்ஃபேட், காட்மியம், கறுப்பு ஆக்சைடு போன்றவை முலாம் பூசப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

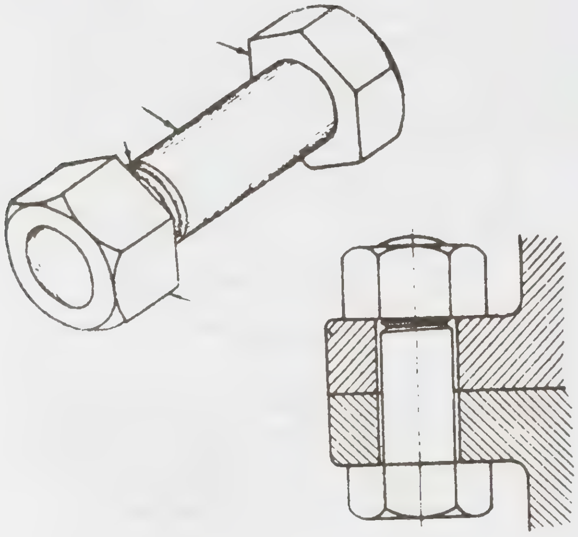
சுருள்வில் என்பது விசைகளை வெளிப்படுத்த ஒரு மீள்திறனுள்ள அமைப்பாகும். பளுவிற்கு உள்ளாக்கப்படும்போது விலக்கம் பெறுவதும், அதன் மீதுள்ள சுமைகள் விலக்கப்பட்டதும் பழைய நிலையினை அடைவதும் சுருள்வில்லின் சிறப்பான பண்பாகும். எனவே, சுருள்வில் பொதுவாக விசைகளைச் செலுத்தவும் கட்டுப்படுத்தவும், அளக்கவும், ஆற்றலைச் சேகரித்து வைக்கவும், மென்மையான சுமை தாங்கியாக அதிர்ச்சியைக் குறைக்கவும் பயன்படுகின்றது.

- கே.ஆர். கோவிந்தன்

எந்திரத் திருகுமரை

கட்டுமானங்களிலும், வடிவமைப்புகளிலும், வெவ்வேறு இரு பகுதிகளைத் தற்காலிகமாகவோ

நிலையாகவோ இணைக்கலாம். அவ்வாறு தற்காலிக மாக இணைக்கப் பயன்படுவனவற்றில் மிக முக்கிய மானவை மரையாணியும் (bolt), அதனுடன் இணைந்த திருகுமரையும் (nut) ஆகும். இவ்வாறு இணையும் திருகுமறையையும் செருகு ஊசியையும் திருகு இணை (screw pair) என்று கூறுவர். படம் 1 இல் இதன் அமைப்பு விளக்கப்பட்டுள்ளது.

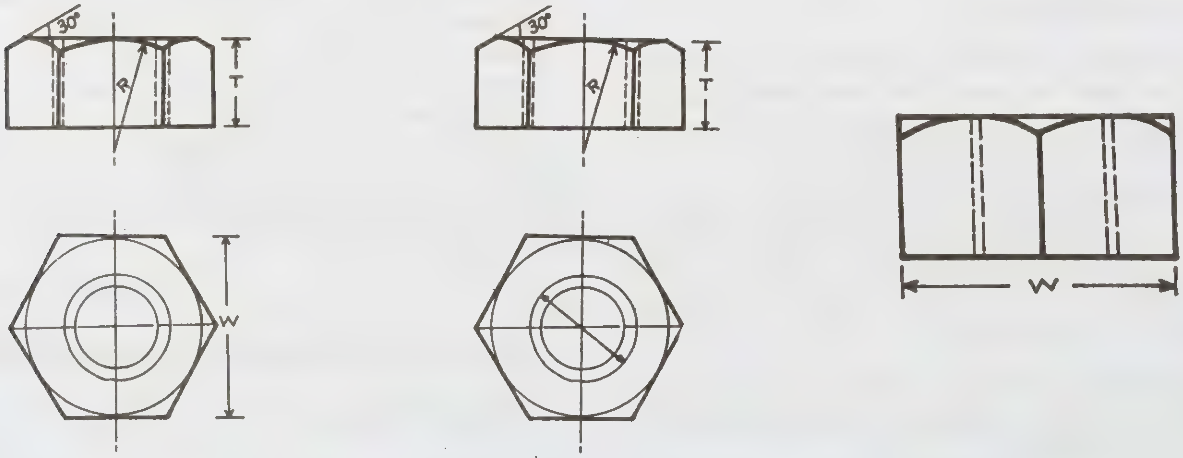


படம் 1. மரை ஆணி திருகுமரை இணை

திருகு மரையைக் கழற்றி விட்டால் இணைப்பை எளிதாகப் பிரிக்கலாம். திருகுமரை பெரும்பாலும் காரீயம் குறைவாக உள்ள தேனிரும்பினால் உரு வாக்கப்படும். சிலசமயம் அலுமினியக் கலவைகளும் பயன்படுவதுண்டு. திருகுமரைகள் குறைந்த அளவு உயரமுள்ள பட்டகங்களாக வடிவமைக்கப்படும். இப்பட்டகங்கள் உருளை வடிவமாகவோ, சதுர மாகவோ அறுகோணமாகவோ இருக்கும். இருப்பினும் அறுகோண வடிவே பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது. வெளிப் பட்டகங்கள் எதுவாக இருப்பினும் திருகு மரை வட்ட வடிவத் துளையைக் கொண்டு இருக்கும். இந்த வட்ட வடிவத் துளையின் விட்டம் மரை ஆணியின் விட்டத்தை ஒட்டியிருக்கும்.

திருகு மறையில் பட்டைகளை ஏற்படுத்துவதன் முக்கிய நோக்கம் புரிமுடுக்கியைப் (spanner) பொருத்துவதற்கே. இப்புரிமுடுக்கியைக் கொண்டு திருகை முடுக்கவோ கழற்றவோ முடியும். அறு கோணத் திருகுமரையைவிடச் சதுர வடிவத் திருகு மரையின் புரிமுடுக்கி முழுத்திறனுடன் இயக்கப்படும். அறுகோணத் திருகுமரையில் அடுத்த பிடிப்பிற்கு 60° திருப்ப நேர்ந்தால் சதுர வடிவிற்கு 90° திருப்ப வேண்டும். எனவே சதுர வடிவத் திருகுமரையை விட அறுகோணத் திருகுமரையே எளிதாகும். எட்டுப் பட்டைகளைக் கொண்டிருந்தால் 1/8 அளவு திருக வேண்டி வரும். இவ்வடிவம் எளிதான இயக்கத்தைக் கொடுத்தாலும் புரிமுடுக்கி நழுவி விடுவதற்கு வாய்ப்பு அதிகம். எனவே திருகுமரைகள் ஆறு பட்டைகளுக்கு மேல் தீட்டப்படுவதில்லை. மேற்கூறப்பட்ட சதுர, அறுபட்டை வடிவங்களைத் தவிர மேலும் சில சிறப்பு உருக்கொண்ட திருகுமரைகளும் தேவைக்கேற்ப பயனில் உள்ளன. திருகுமரை பொருத்துதலும், பயனும் படம் 1 இல் விளக்கப்பட் டுள்ளன.

அறுகோணத் திருகுமரை. படம் 2 இல் இதன் வடிவம் அளவீடுகளுடன் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இத்திருகுமரைகளைக் கையால் பயன்படுத்தும்போது

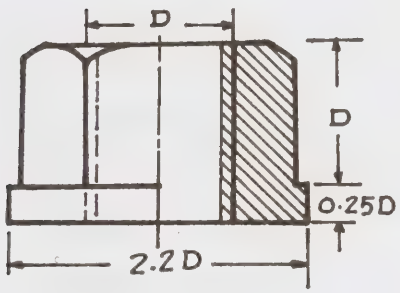


படம் 2.

ஊறு ஏற்படா வண்ணம், அதன் முனைகள் சற்றே கூம்பு வடிவமாகத் தேய்க்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு செங்கோணமாக இருந்த ஓரங்களைச் சீவிச் சாய்வாகச் செதுக்குதலுக்கு வளைச் சரிவாக்குதல் (chamfering) என்று பெயர். இந்தச் சரிவுக்கோணம் பெரும்பாலும் 30° அளவில் இருக்கும். இந்தச் சரிவாக்கிகளால் ஒவ்வொரு பட்டையின் மேற்பகுதியும் படத்தில் காட்டியவாறு வடிவத்தைப் பெறும்.

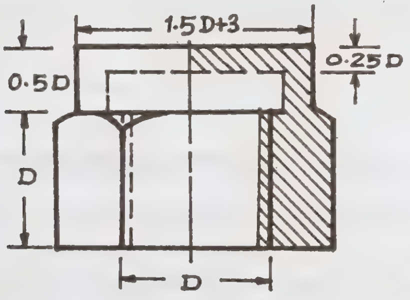
மரை ஆணியின் விட்டம் D என்று இருந்தால் திருகுமறையின் உயரம் T = D. பட்டைகளின் இடையே உள்ள அகலம், W = 1.5D + 3 மி. மீ. வளைச் சரிவாக்கு ஆரம், R = 1. 2D

சதுர வடிவத் திருகுமரை. இதன் மேல் முனைகளும் வளைச் சரிவாக்கப்படுகின்றன. இவற்றின்



படம் 3. அ.

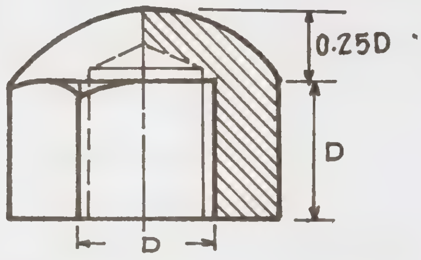
அளவீடு பெரும்பாலும் அறுகோணத் திருகுமரைகளை ஒத்திருக்கும். ஆனால் வளைச் சரிவாக்கல் ஆரம், R=2D என்றிருக்கலாம்.



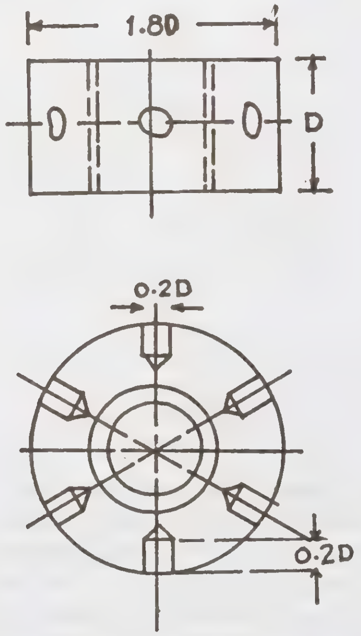
படம் 3. ஆ.

தட்டை விளிம்புத் திருகு மரை. இந்த அறுகோணத் திருகுமரையின் அடிப்பகுதி படம் 3 அ-வில் காட்டியவாறு தட்டையான விளிம்பினைக் கொண்டிருக்கும். இதனால் திருகுமரையின் தாங்கு தளப் பரப்பு அதிகரிக்கிறது. மேலும் மரை ஆணி அதன் விட்டத்திற்கும் மேலான துளையுள் இவ்வகைத் திருகு மரையுடன் இணைப்புக்குள்ளாகும்.

மூடி கொண்ட திருகுமரை (cap nut). இதன் வடிவமைப்பில் அறுகோணத் திருகுமரையின் மேற்பகுதி படம் 3 ஆ-வில் உள்ளவாறு மூடப்பட்டிருக்கும். இதன் பயனாக மரை ஆணியின் நுனி காற்றுக்கோ, புகைக்கோ, வேதி வளிம நீர்மங்களுக்கோ நேரிடைத் தொடர்பில்லாமலும், அரித்தல் இல்லாமலும்



படம் 3. இ.



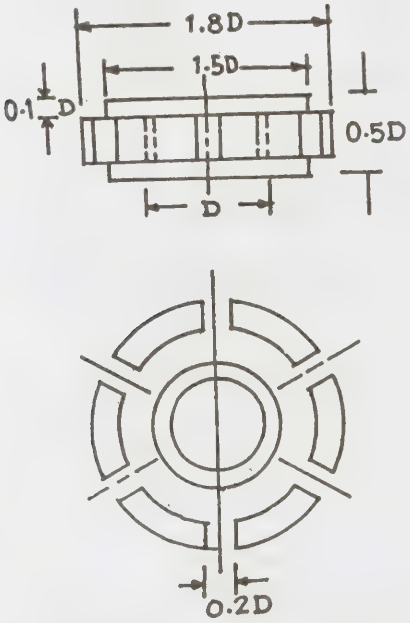
படம் 4. அ.

இருக்கும். அன்றியும் மரைகளின் ஊடே கசிவுகள் ஏற்படுவதும் நிறுத்தப்படும்.

வளை மூடித் திருகுமரை. இதன் அமைப்பு படம் 3இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் மூடி கோள வடிவில் இருக்கும்.

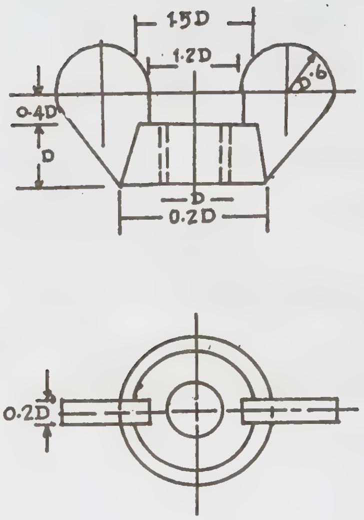
உருளை வடிவத் திருகு மரை. வட்டப் பட்டகையாகவோ உருளை வடிவமாகவோ இதன் வடிவம் இருக்கும். இத்திருகுமரையை முடுக்குவதற்கோ கழற்றுவதற்கோ ஏற்ற வகையில் வளைப்பரப்பில் துளைகள் இடப்பட்டிருக்கும். இத்துளைகளைத் திருப்புளி கொண்டு முடுக்கலாம் (படம் 4-அ).

வளைய வடிவத் திருகுமரை. இது ஒரு வளையம் போன்ற அமைப்பினைப் பெற்றிருக்கும். இதனை இயக்குவதற்கு ஏற்ற வகையில் வளைப்பரப்பில் வரிப்பள்ளங்கள் துருவப்பட்டிருக்கும். இதற்கெனத் தனிப்பட்ட 'C' வடிவப் புரிமுடுக்கி பயன்படுத்தப்படும். பெரும்பாலும் இத்திருகுமரைகள் இரண்டாகவே பயன்படுத்தப்படும். ஒன்று மற்றொன்றிற்குப் பூட்டமைவாகச் (locknut) செயல்படும் (படம்4-ஆ).

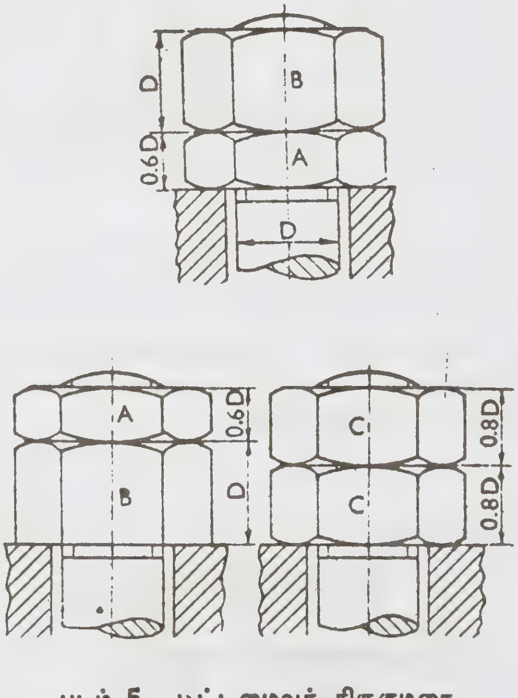


படம் 4. ஆ.

இறகுத் திருகு மரை. இதன் எளிய அமைப்பு படம் 4 இ-இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை இயக்குவதற்குக் கருவிகள் தேவையில்லை. கட்டை விரலையும் அடுத்த விரலையும் கொண்டு தேவைக்கேற்றவாறு முடுக்கலாம். இவை பெரும்பாலும் விளையாட்டுக் கருவிகளிலும் மர இணைப்புகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

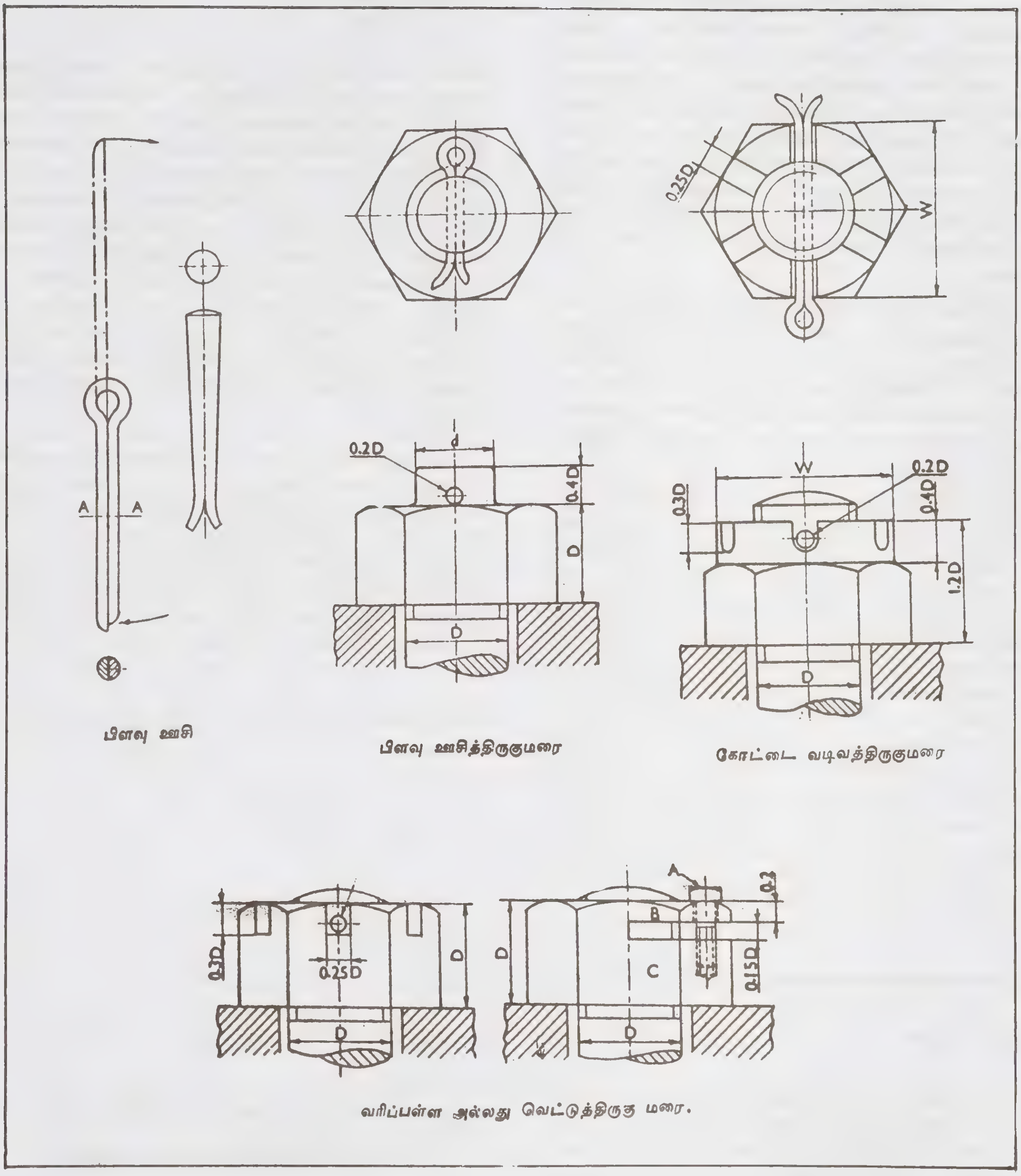


படம் 4. இ.



படம் 5. பூட்டமைவுத் திருகுமரை

பூட்டமைவுகள். எந்திரங்களின் இணைப்பில் இருக்கும் திருகு மரைகள் அதிர்வினால் கழன்று விடக்கூடும். இதனால் இணைப்புப் பகுதிகள் சிறிது சிறிதாக விடுபட்டு இயக்கத் தடைகளோ இணைப்பு முறிவோ ஏற்படக் கூடும். மரை ஆணி கழலாமல் இருக்கும் பொருட்டுத் தனிப்பட்ட சிலவகைத் திருகுமரை வழக்கில் உள்ளன. அவற்றுள் சில



படம் 6.

படம் 5,6இல் விளக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய கூட்டமைவுகள் பொருந்தும் விதமும், முடுக்கப்படும் விதமும் திருகுமரையின் வடிவமும் படத்தில் விளக்கமாகத் தெரிவிக்கப்பட்டுள்ளன.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எந்திரத் தொகுதி

பயன்மிக்க வேலையை நிறைவேற்ற உருவாக்கப்படும் பல பகுதிகளின் தொகுதி எந்திரத் தொகுதியாகும். இப்பகுதிகளில் சில இயங்கவல்லன.

ஏனையவை நிலையானவை. இயங்கும் பகுதிகளை இணைக்கும் கோப்பு அமைப்புகளாக இவை செயல்படுகின்றன. எந்திரம், எந்திரத் தொகுதி என்ற சொற்கள் ஒத்தபொருளுடைய உறவுடைய சொற்கள் என்றாலும் எந்திரத்தொகுதி பல எந்திரங்களை உள்ளடக்கிய பெருந்தொகுதியாகும். தானியங்கிகள், சலவை செய்யும் எந்திரங்கள், வானூர்திகள் போன்றவை எந்திரத் தொகுதிகளுக்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகும். எந்திரத்தொகுதி கூடுதலான பல்வேறு பகுதிகளும் சிக்கலான இயல்பும் கட்டமைப்பும் உடையது.

சில எந்திரத் தொகுதிகள் எளிய எந்திரப் பலன் மட்டும் தருவனவாக அமையும். சில எந்திரத்தொகுதிகள் மனிதனால் ஆற்ற இயலாத தொடர்ச்சியான நெடுநேரப் பணியாற்றுவனவாக அமைகின்றன. திருகு தூக்கியை (screw jack) முன்னுள்ளவற்றுக்கும் உட்கனல் பொறியைப்பின்னுள்ளவற்றுக்கும் எடுத்துக் காட்டாகக் கூறலாம்.

குறைந்த செலவில் வேலை செய்யும் தேவையை நிறைவேற்றவே எந்திரத் தொகுதிகள் உருவாகும் போது இந்த எந்திரத் தொகுதிகளின் உருமலர்ச்சி படிப்படியாகவும் நிகழலாம்; விரைவாக திடீரெனவும் நிகழலாம். சிறுசிறு பொருள்களைச் செய்யும் எந்திரத் தொகுதிகள் உருமலர்ச்சிக்கு ஆட்படுவது குறைவாகவே இருக்கும். ஆனால் இவை உயர்நிலைத் தன்னியக்கம் வாய்ந்தவையாக வடிவமைக்கப் பட்டிருக்கும். பேரளவு உற்பத்திக்கு உதவும் எந்திரத் தொகுதிகள் விரைவாகப் படிமலர்கின்றன. சிக்கலான உயர்நிலைத் தன்னியக்க எந்திரங்கள் பலவற்றை அவை உள்ளடக்குகின்றன. தானியங்கிப் பொருள்களைப் படைக்கும் எந்திரக் கருவிகளைப் பேரளவு உற்பத்திக்கு உதவும் எந்திரத் தொகுதிக்கு எடுத்துக் காட்டாகக் கூறலாம். காண்க. எந்திரம், எந்திர வடிவமைப்பு, எந்திரப் பொறியியல்.

- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

எந்திரப் பலன்

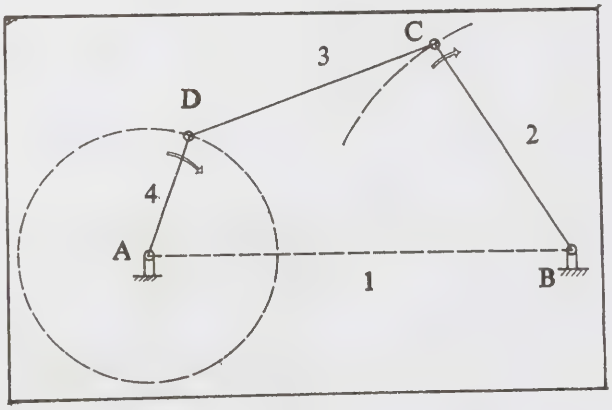
ஓர் எந்திரத்தின் மேல் செலுத்தப்படும் விசைக்கும், எந்திரம் செலுத்தும் விசைக்கும் அதாவது, எந்திரத்தின் வெளியீட்டுக்கும் உள்தருகைக்கும் உள்ள தகவு எந்திர லாபம் அல்லது எந்திர ஈட்டம் (mechanical advantage) எனப்படுகிறது. தனி எந்திரங்களை விளக்கும் திறமை குறியீட்டெண்ணாகப் பயன்படுகிறது. சிக்கலான எந்திரங்களுக்கு இக்கருத்துப் பயன்படுவதில்லை. சிக்கலான எந்திரங்களில் விசைகளைவிடப் பிற தேவைகள் முக்கியமானவை. காண்க, திறமை; தனி எந்திரம்.

-உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

எந்திரப் பிணைப்பு

திண்மப் பொருள்களால் ஆன இடையிணைப்புகளைச் சுழல் தானங்களில் இணைத்து உருவாக்கிய அமைப்பையே எந்திரப்பிணைப்பு என்பர். ஒரு பொருளின் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள தூரம் விசைகளின் தாக்கத்தால் மாறாமல் இருக்குமாயின் அதைத் திண்மப் பொருள் என்று அழைக்கலாம். பிணைப்புகள் பொதுவாக ஆற்றலைக் கடத்துவதற்குப் பயன்படுகின்றன. இப்பிணைப்புகள் தங்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் உள்ளீட்டு இயக்கம் எத்தன்மையாக இருப்பினும், இடையிணைப்பின் ஒரு புள்ளியை, ஒரு குறிப்பிட்ட வளைவுப் பாதையில் நகருமாறு வடிவமைக்க இயலும். இவற்றைக் கொண்டு கோண அல்லது நேர் கோட்டு இடப்பெயர்ச்சியை உருவாக்க இயலும்.

இடையிணைப்புகள் சட்டங்களாக வடிவமைக்கப் பட்டு இருந்தால் இவற்றைச் சட்டப் பிணைப்பு என்று வழங்குவர். தோராயமாக ஒரு சட்டத்தைநேர் கோட்டுப் பகுதியாகவோ, வள்ளவின் ஒரு பகுதியாகவோ கொண்டு, அது ஒரு சுழல் தானத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகவும் கொள்ளலாம். நான்கு தண்டுப் பிணைப்பைப் பொதுவாக, எந்திரப் பிணைப்புகளின் அடிப்படைப் பிணைப்பாகக் கொள்ளலாம்.



1. நிலையான தண்டு, 2. வணரி, 3. இணைப்புத்தண்டு, 4. வணரி.

படம் 1. நான்கு தண்டுப் பிணைப்பு

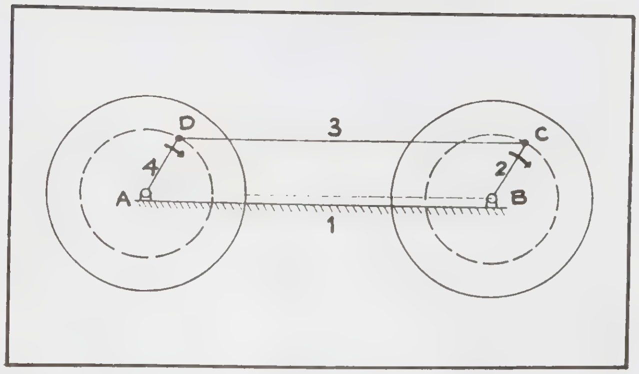
படம் 1இல் நான்குதண்டுப் பிணைப்பின் அமைப்பைக் காண்க. நான்கு தண்டுப் பிணைப்பில் முதல்தண்டு நிலையான தண்டு (fixed link) என்றும், இரண்டாம் தண்டு வணரித்தண்டு என்றும், மூன்றாம்தண்டு இணைப்புத்தண்டு (coupler rod) என்றும் நான்காம் தண்டு வணரி என்றும் பெயர்பெறும். ஒரு தண்டை

நிலையான இடத்தில் சுழல் தானமாக அமைத்து, ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தண்டுகளுடன் பிணைக்கும்போது, அத்தண்டை வணரி என்று அழைக்கலாம்.

இரண்டாம் தண்டில் உள்ளீட்டு இயக்கம் கொடுக்கப்பட்டால் நான்காம் தண்டில் வெளியீட்டு இயக்கம் கிடைக்கும். அதுபோலவே நான்காம் தண்டில் உள்ளீட்டு இயக்கம் கொடுத்தால் இரண்டாம் தண்டில் வெளியீட்டு இயக்கம் கிடைக்கும். நான்காம் தண்டு இரண்டாம் தண்டை விட அளவில் சிறியதாக இருப்பின், நான்காம் தண்டு வணரியாகச் செயல்பட்டு முழுச் சுற்றுச் சுற்றும்போது, இரண்டாம் தண்டு முன்னும் பின்னுமாக ஊசலாடத் துவங்கும். இரண்டு தண்டுகளும் சம அளவினவாக அமைந்து இருந்தால் எந்தத் தண்டில் சுழல்விசை கொடுத்தாலும் பிற தண்டும் முழுச்சுழற்சி அடையும். படம் 2 இல் இவ்வகை இணைப்பைக் காணலாம்.

மேலும், இவ்வகை இணைப்பை அடிப்படையாகக் கொண்டே நீராவிப் பொறியின் சக்கரங்கள் இணைக்கப்பட்டுச் சுழல்கின்றன. இவ்வகை இயங்கமைப்பை இரட்டை வணரி (double crank) இயங்கமைப்பு என்பர். மற்றொரு இணைப்பைப் படம் 3 இல் காணலாம்.

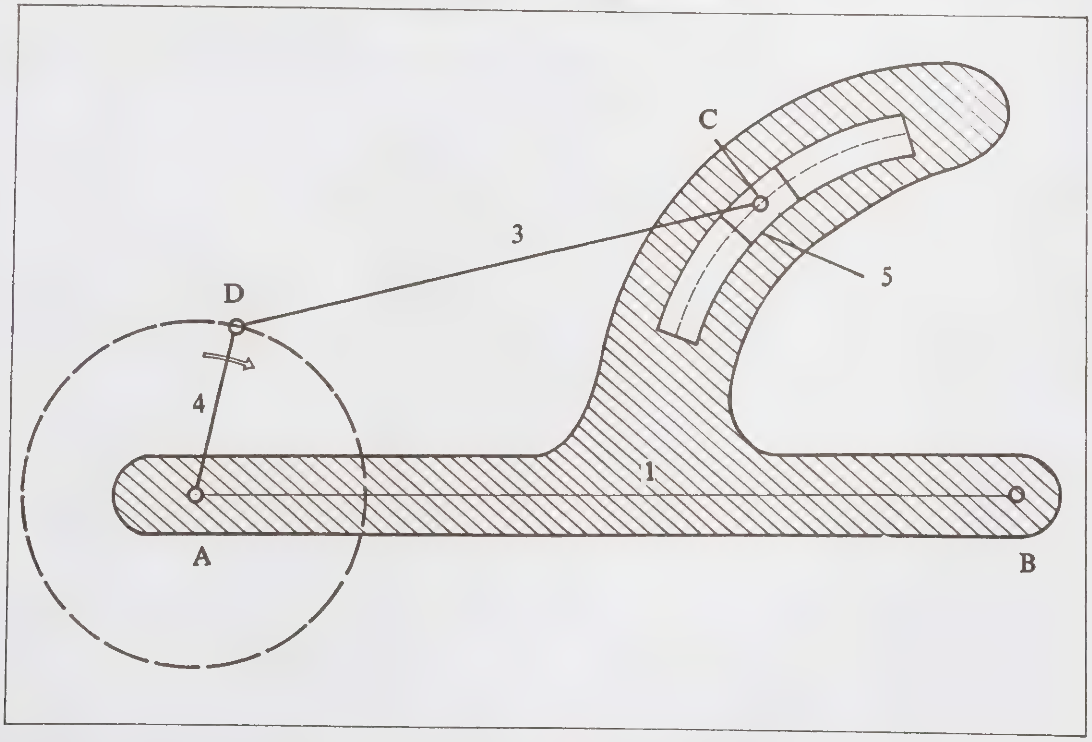
இதையும் நான்கு தண்டு இணைப்பிற்குச் சமமானதாகக் கொள்ளலாம். இதில் 2 ஆம் இடை



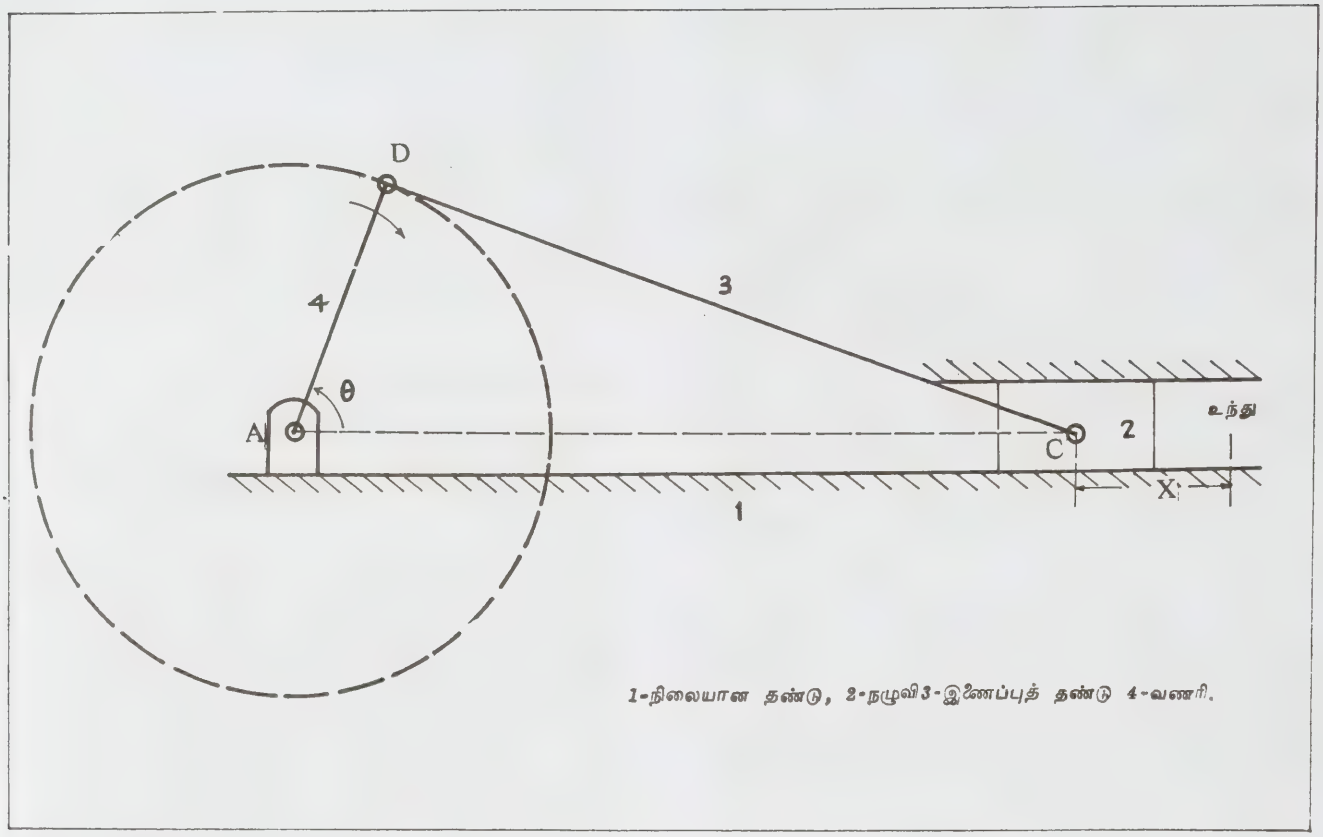
1. நிலையான தண்டு 2,4 - வணரிகள் 3 - இணைப்புத் தண்டு

படம் 2. இரட்டை வணரி இயங்கமைப்பு

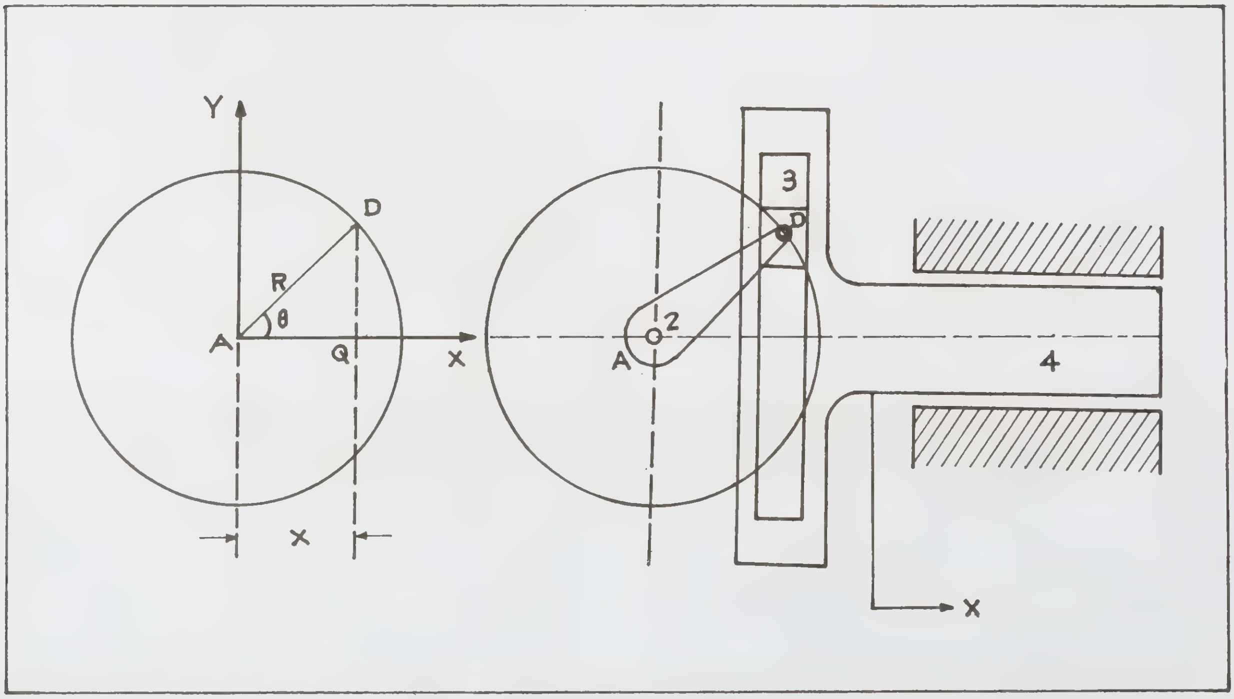
யிணைப்பிற்கு மாற்றுப் பிணைப்பு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதாவது வணரித்தண்டிற்குப் பதிலாக நகர் தண்டு பிணைக்கப்பட்டு உள்ளது. இதன் மூலம் வழுக்கு இயக்கம் (sliding motion) பெறலாம். மேலும் இதில், நகரி வளைவான பாதையில் செல்லுமாறு வடிவமைக்கப்பட்டிருப்பதையும் காணலாம். இவ்வகை அமைப்பிலும், (படம் 1 இல்) இரண்டாம் வணரித் தண்டில் புள்ளி C நகர்ந்த அதே பாதையில் (oscillatory motion)) நகர்வதைக் காணலாம். படம் 4 இல் நழுவு-வணரி இயங்கமைப்பைக் காணலாம்.



படம் 3. நான்கு தண்டுப்பிணைப்பின் சமன்



படம் 4. நழுவு-வணரி இயங்கமைப்பு



படம் 5. ஸ்காட்ச் இணைப்புச் சட்டம்

இதையும் நான்கு தண்டுப் பிணைப்பிற்குச் சமமானதாகக் கொள்ளலாம். இவ்வகை இயங்கமைப்பு எதிரெதிராட்டப் பொறிகளில் (reciprocation engines) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதில் ஒன்று நிலைத்த தண்டாகச் செயல்படும் (1). இரண்டாம் இடையிணைப்பாக நகரி செயல்படுகின்றது. இது எதிரெதிராட்டப் பொறியில் உந்தாகச் செயல்படும். மூன்றாம் இணைத்தண்டு இடையிணைப்பாகச் செயல்படுகின்றது. இது வணரியையும் உந்தையும் இணைக்கின்றது. நான்காம் இடையிணைப்பாகச் செயல்படுவது வணரி ஆகும். இவ்வகை இயங்கமைப்பு நேர்கோட்டு இயக்கத்தைச் சுழல் இயக்கமாகவும், சுழல் இயக்கத்தை நேர்கோட்டு இயக்கமாகவும் மாற்றுதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

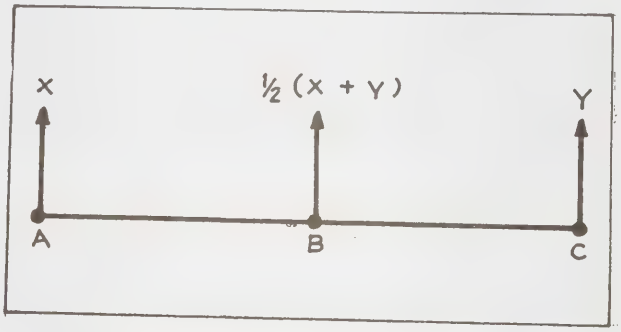
$$X = R\,(1 - \cos\theta) + \frac{R^2}{2L}\,\sin^2\theta$$

என்னும் சமன்பாட்டைத் தோராயமாக வணரியின் கோண நிலையின் அளவைக் கொண்டு (θ), நகரியின் -அச்சுப்புள்ளி தொலைவைக் கணக்கிடலாம். R என்பது வணரியின் நீளத்தையும் L என்பது இணைத் தண்டின் நீளத்தையும் குறிக்கும்.

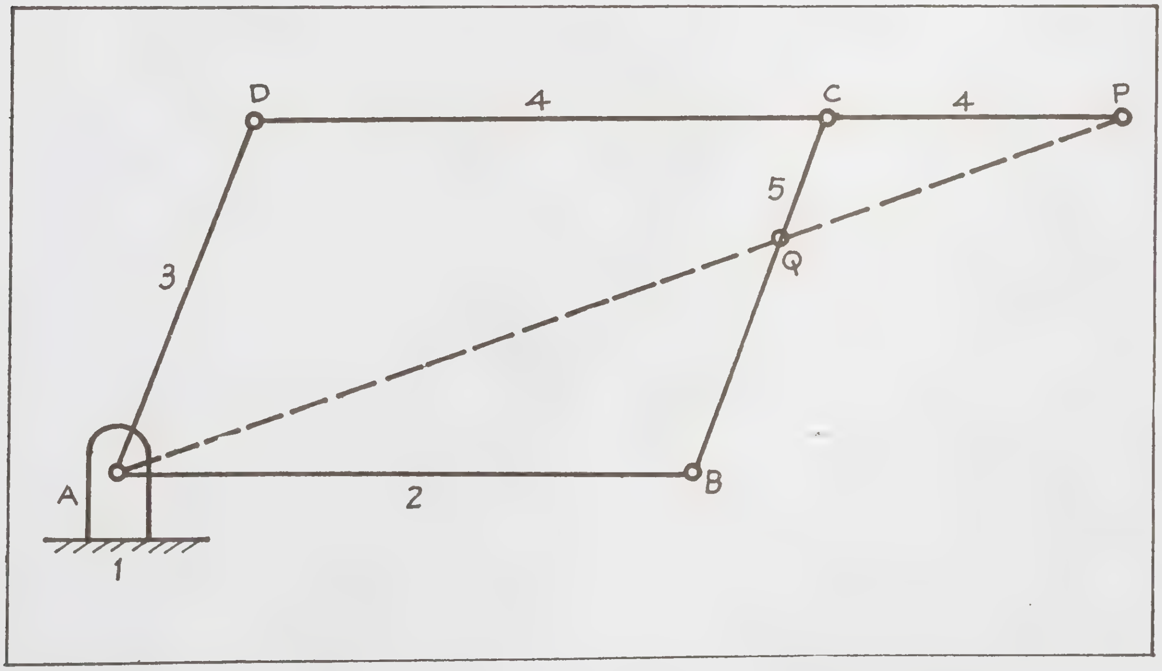
சீரான சுழல் இயக்கத்தைச் சீரிசை இயக்கமாக (simple harmonic motion) மாற்றும் பொருட்டுப் பயன்படுத்தப்படும் இயங்கமைப்பு ஸ்காட்ச் இணைப்புச் சட்டம் (scotch yoke) எனப்படும். படம்-5இல் இவ்வகை இயங்கமைப்பைக் காணலாம்.

$x = R\cos\theta$ என்னும் சமன்பாட்டின் படி இவ்வியங்கமைப்பு இயங்குகின்றது. இதில் X என்பது நழுவியின் அச்சுப்புள்ளித் தொலைவையும், θ என்பது வணரியின் கோண நிலையையும்குறிக்கும். இவ்வமைப்பிலும் ஒரு வணரி நழுவி உள்ளதைப் படத்தில் காணலாம். R என்பது வணரியின் ஆரத்தைக் குறிக்கும்.

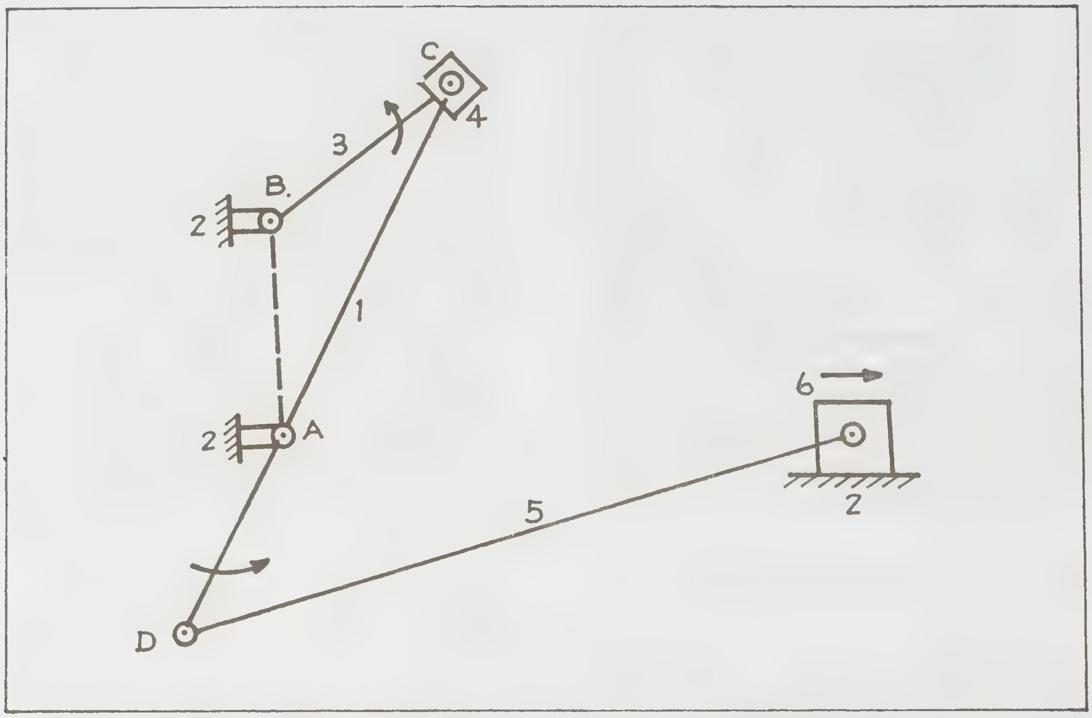
ஒரு சட்டம் மூன்று இடையிணைப்புகளில் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் அச்சட்டத்தை நெம்புகோல் (lever) என்பர். நெம்புகோல் பொதுவாகக் கூடுதலுக்குப் (addition) பயன்படுத்தப்படுகின்றது



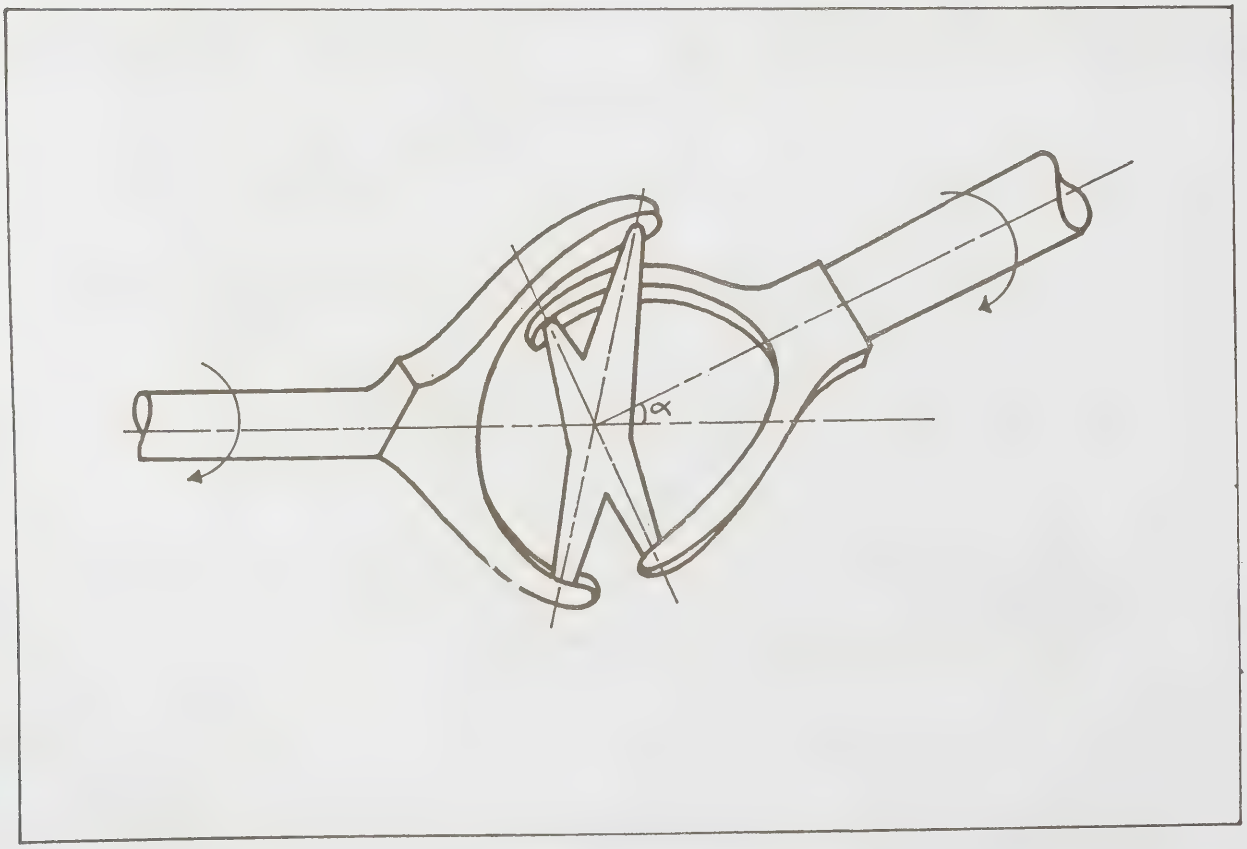
படம் 6. நெம்புகோல் துணைகொண்ட கூடுதல்



படம் 7. இணைப்புச் சட்டம்



படம் 8. விட்வொர்த்தின் விரைவு-திருப்பு இயங்கமைப்பு.



படம் 9. சுழல் இணைப்பு.

படம் 6 இல் இதை அறியலாம். இதில் B என்னும் புள்ளி AC என்னும் நெம்புகோலின் மையமாக அமைந்துள்ளதைக் காண்க. நெம்புகோலின் நீளத்துடன் ஒப்பிட்டு நோக்குகையில் X மற்றும் Y இன் தொலைவு மிகக் குறைவாக இருக்கும். ஒரு நிலைத்த சுழல்தானத்தில் இயங்கக் கூடிய நெம்புகோல்கள் குறிப்பாக நேர்கோட்டு இடப்பெயர்ச்சி பெருக்கமடையப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

படம் 7 இல் காட்டப்பட்டுள்ள சட்டமைப்பு (pantograph) ஐந்து இடையிணைப்புகளைக் கொண்டு இருப்பதைக் காணலாம். இவ்வகை இயங்கமைப்பு வரைபட இயலில் வரைபடங்களைச் சிறிதாக்கவோ பெரிதாக்கவோ பயன்படுகிறது. ஐந்தாம் இடையிணைப்பில் உள்ள புள்ளி Q ஒரு வளைகோட்டுப் பாதையில் சென்றால், நான்காம் இடையிணைப்பில் உள்ள புள்ளி P-யும் அதே மாதிரியான ஒரு வளைகோட்டுப் பாதையில் செல்லும். ஆனால் P-புள்ளியால் வரையப்படும் கோடு பெரிதாக்கப்பட்ட வளைகோடாக இருக்கும். இங்கு ABCD என்பது ஓர் இணைகரமாக இருக்கும். சுழல் தானம் A -நிலைத்த புள்ளியாக இருக்கும்.

ஜோஸப்-விட் வொர்த் என்பார் (1803 - 1887) ஆறு இடையிணைப்புகளைக் கொண்டு ஓர் இயங்கமைப்பை உருவாக்கினார். இதை விரைவு-திருப்ப இயங்கமைப்பு (quick-return mechanism) என்பர். இதில் நழுவு முன்னோக்கு வீச்சில் (forward stroke) குறைந்த வேகத்துடனும் திருப்பு வீச்சு (return stroke) அதிக வேகத்துடனும் இயங்கும். படம் 8 இல் இவ்வமைப்பைக் காணலாம். நழுவி -வணரி இயங்கமைப்பிற்கும் விட்வொர்த்தின் விரைவு-திருப்பு இயங்கமைப்பிற்கும் உள்ள ஒரு முக்கிய வேறுபாடு என்னவென்றால், நழுவி-வணரி இயங்கமைப்பில் நழுவி இரு திசைகளிலும் அதே வேகத்துடன் (சீரிசை இயக்கம்) செல்லும். ஆனால் விட்வொர்த்தின் விரைவு-திருப்பு இயங்கமைப்பில் முன்னோக்கி நகரும் வேகம் குறைவாகவும், திரும்பும் வேகம் அதிகமாகவும் இருக்கும். மேலும் இதில் ஆறு இடையிணைப்புகள் உள்ளன. நழுவி-வணரி இயங்கமைப்பில் நான்கு இடையிணைப்புகளே உள்ளன. சுழல் இணைப்பு (universal joint) என்னும் இயங்கமைப்பு, வெட்டிக் கொள்ளும் அச்சுகளைக் கொண்ட சுழல் தண்டுகளில் ஒன்றின் இயக்கத்தை மற்ற தண்டிற்குக் கடத்தப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. படம் 9 இல் இவ்வகை இயங்கமைப்பைக் காணலாம்.

மேலும் பலவகை இயங்கமைப்புகளும், எந்திரப் பிணைப்புகளும் பல்வேறு வகையான எந்திரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன, எனினும் சிக்கலான பிணைப்புகள் தற்போது வழக்கில் இல்லை. இதற்குக் காரணம், மின்ஆற்றல், நீரியல் ஆற்றல், வளியமுத்த (pneumatic) ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கொண்டு சக்தியைத் திறம்படக் கடத்தும் இணைப்பில் பல மேம்பாடுகளுடன் உள்ளமையேயாகும்.

- க. வேதகிரி

எந்திரப் பொறியியல்

பொறியியல் துறை, பொதுவியல், எந்திரவியல், மின்னியல், மின்னணுவியல் எனப் பொதுவான பிரிவுகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. பொறியியல் துறையில் உள்ள இதர பிரிவுகளுக்கு இணையான சிறப்புடன், அறிவியல் திட்டங்களுக்கு அடித்தளமாக, மருத்துவம், வேளாண்மை, விஞ்ஞானம் போன்றவற்றுடன் இன்றியமையாதவாறு ஒன்றிவிட்ட அறிவியலே எந்திரவியல் ஆகும்.

அடிப்படைப் பிரிவு. எந்திரவியலைப் பொதுவாக ஆற்றல், உற்பத்தி என இரு வகைப்படுத்தலாம்.

ஆற்றல். ஐம்பெரும் பூதங்கள் எனப்படும் நீர், நிலம், நெருப்பு, காற்று, வான் ஆகியவற்றில் மறைந்திருக்கும் ஆற்றலை வெளிக்கொணர உள்ள வழிமுறைகளை ஆராய்ந்து மேம்படுத்துவதே எந்திரவியல் துறையின் நோக்கமாகும். எந்திரவியலிலுள்ள ஆற்றல் பெரும்பாலும் வெப்பமும், வேலை அல்லது செயல்திறனுமே ஆகும். இத்தகு ஆற்றல்களின் பரிமாற்றத்தால்தான் பல்வேறு பயனளிக்கக் கூடிய பொறி வகைகள் உருவாகியுள்ளன. எந்திர ஆற்றலை வெளிப்படுத்த, பெரும்பாலும் சுழல் ஆற்றலே தேவைப்படுகிறது. எங்கேனும் ஒரு மூலையில் ஏதேனும் ஓர் உருளை அல்லது சக்கரம் சுழன்று கொண்டே இருக்க வேண்டியுள்ளது. இதனால் கிடைக்கக் கூடிய சுழல் ஆற்றலைக் கொண்டு பல்வேறு வகையான வேலைகளும், வியத்தகு பலன்களும் கிடைக்கின்றன. ஆகவே, ஒரு கருவியின் உருளை சுற்றுவதற்கான தத்துவங்களை அலசி, அறிவியல் அடிப்படையில் ஆய்வுகளையும் நடத்தி, ஓர் இயங்கு, இயக்கு அமைப்பினை (mechanism) வடிவமைப்பதே எந்திரவியலாகும். எனவே, வெப்பத்தினைச் செயல் ஆற்றலாகவும் செயல் ஆற்றலை வெப்ப ஆற்றலாகவும் பயனளிக்கத் தக்க வகையில் மாற்றுவதே எந்திரவியல் எனவும் கொள்ளலாம். இதனையே ஆற்றல் சமன்பாடு அல்லது ஆற்றல் நிலைக் கொள்கை (ஆற்றல் மாறாக் கோட்பாடு) விளக்குகிறது. ஒரு வகையான ஆற்றலைப் பிறிதொரு வகையான ஆற்றலாக மாற்றாலாமே தவிர, புதிய ஆற்றலை உருவாக்குவது என்பது இயலாது. இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டுதான் பல்வேறு விளக்கம் எந்திரவியலாக உருவானது எனக் கூறினும் பொருத்தமாகும்.

தொல்லுயிர் எரிபொருள், நிலக்கரி, பெட்ரோலியம் எரி-எண்ணெய், நீரியல் ஆற்றல், ஒத ஆற்றல் (tidal power) கடல் நீர், மென்காற்று நில வெப்ப ஆற்றல், உயிர் வளி ஆற்றல், சூரிய ஆற்றல், பாய்மங்களின் தன்மை போன்ற அறிமுறைகளைச் செயற்படுத்தும் பல அடிப்படைத் தத்துவங்களை எந்திரவியல் கொண்டுள்ளது.

இவ்வகையான் ஆற்றல்களை வெளிப்படுத்த எந்திரவியலில் உள்ள அமைப்புகளான கொதிகலன், நீராவிப் பொறி, உட்கனற் பொறி, சுழலி, (turbine), மின் நிலையம், காற்றழுத்தி (compressor), குளிரியல் காற்றுச் சீராக்கல் முறைகள் பெரிதும் உதவுகின்றன.

உற்பத்தி. மனித வாழ்விற்கும், வளத்திற்கும் இன்றியமையாதவாறு விளங்கும் பல்வேறு பொருள்களும் எந்திர அமைப்புகளேயாகும். அவற்றை உருவாக்க வேண்டிய கருவிகள், பெரிய எந்திரங்கள், அவற்றின் தொழில் நுட்பங்கள் செயற்படுத்தும் முறைகள் ஆகியவை உற்பத்திப் பிரிவின் விள்க்கங்களாகும்.

எந்திரங்கள் அல்லது பொறிகளைச் செயற்படுத்தும் முறைகள், கட்டுமான விளக்கங்கள், சிறப்பாகச் செயற்படுத்த உள்ள வழி முறைகள் மட்டுமல்லாமல்தொழிற் கூடங்களைத் திட்டமிடுதல், நிறுவுதல், நிர்வகித்தல், இயக்குதல், பராமரித்தல் போன்ற அறிவியல் துறைகள் எந்திரவியலின் இப்பிரிவில் அடங்கும். இவை தொழிலக மேலாண்மை எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

மேலும், எந்திரவியலில் பொறிகளையும் இதர அமைப்புகளையும் திட்டமிட்டு அளவீடுகளுடன் வடிவமைக்கும் பணி முதன்மையானதொன்றாகும். இது பொறியின் மூலப் பகுதிகளுக்கான திட்ட வடிவமைப்புக்கலை (design of machine elements) எனப்படுகிறது. அது மட்டுமன்றிப் பொறியியல் துறையில் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு உலோகங்களின் கூறுகள், சிறப்பியல்புகள், உருமாற்றங்கள், வெப்பப் பதனிடுதல் (heat treatment), உலோகத் தனித் தன்மை, சீர்படுத்துதல் போன்ற அறிவியல் நுட்பங்களையுடைய உலோகவியல், எந்திரவியலின் சிறப்பான பகுதியாகும்.

பொருள்களை வடிவமைத்து உருவாக்குவதில் உலோகங்களின் தன்மை, உருவமேற்ற அடித்து வடித்தல், உருட்டல், இழைகடைதல், வார்ப்படவியல், உருக்குதல், உலோக இணைப்பு முறைகள், பற்றவைப்பு (welding), சூட்டிணைப்பு (soldering) பற்றாசிடல் (brazing) போன்ற வழிமுறைகளும், கடைசல் வடிவமைப்பு, இழைத்தல், துளையிடல், துருவுதல் அரைவை ஆகிய செயல்களுக்கான சிறப்பு எந்திரங்கள், விசை ஊடிணைப்பு வகைகள் ஆகியவற்றின் அடிப்படைகளும் எந்திரவியலின் உற்பத்திப் பிரிவுகளில் உள்ள முக்கிய அம்சங்களாகும். அறிவியலில் உள்ள இருவகை ஆற்றல்களை உயர்நிலை ஆற்றல் (potential energy) இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) என்றோ வெப்ப ஆற்றல் வேலை என்றோ பாகுபடுத்தி ஆற்றல்களை மாற்ற வழிமுறைகளும் கருவிகளும் அமைக்கப்பட்டன. இவ்விதமான கருவிகளைப் பயனளிக்கத் தக்க வகையில் செயலாற்றும் தத்துவங்களே எந்திரவியலின் முக்கிய குறிக்கோளாகும்.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எந்திரம்

பயன்மிக்க வேலைகளைச் செய்வதற்கேற்ற குறிப்பிட்ட இயக்கங்களை நிகழ்த்தும் விறைப்பான அல்லது தகுந்த தடை தரும் உறுப்புகளான கூட்டமைப்பு எந்திரம் (machine) எனப்படுகிறது. இயங்கமைப்பு (mechanism) என்ற சொல் எந்திரத்தை ஒத்தது எனினும் அது எந்திரத்தின் குறிப்பிட்டதொரு பகுதியின் வரையறுத்த இயக்கத்தை மட்டும் உருவாக்கும் அமைப்பையே குறிப்பிடுகிறது. கைக்கடிகாரம் ஓர் இயங்கமைப்பு. இது பயன்மிக்க வேலை ஏதும் செய்வதில்லை. எனவே இது எந்திரமன்று.

எந்திரங்கள் உருவத்திலும் செயலிலும் பலவகைப்பட்டவை. எளிய கைத்துளைப்பு எந்திரம் முதல் சிக்கலான கடல் தரையிடுவான் (ocean liner) வரை பல நிலை எந்திரங்கள் பயன்பாட்டில் உள்ளன. கடல் தரையிடுவானில் பல எளிய எந்திரங்களும் சிக்கலான அமைப்புகளும் உள்ளடங்கியுள்ளன. எந்திரம் பார்வைக்கு எவ்வளவு சிக்கலானதாகத் தோன்றினாலும் அவற்றின் இயக்கத்தைப் பல தனி வினைகளாகப் பிரிக்கலாம், தனி வினைகள் அடிப்படை இயற்பியல் விதிகளின்படி நிகழக் காணலாம்.

- உலோ. செந்தமிழ்க் கோதை

எந்திரம், அச்சடிக்கும்

நடைமுறையில் நான்கு பெருவகையான எந்திரங்கள் அல்லது அச்சடிப்பு அமைப்புகள் உள்ளன. அவை தனி எழுத்து அச்சு எந்திரம் (letter print), மறு தோன்றிக் கல்லச்சு எந்திரம் (offset lithographic machine), குடைவு அச்சு எந்திரம் (engraving machine), திரைமுறை அச்சு எந்திரம் (screen printing machine) என்பனவாம். தனி எழுத்து அச்சு எந்திர முறையில், அடிக்கப்படவேண்டிய அச்சுப் படிமம் மேற்பொருக்காகக் (in relief) அமையும். மேற் பொருக்குப்

பரப்பில் மையைத் தடவி ஒரு தாளில் அழுத்தி எடுத்தால் மையின் ஒரு படலம் பிரிந்து அச்சுத் தகட்டில் உள்ள படிமத்தைத் தாளின் பரப்பில் பதிக்கும். மறுதோன்றிக் கல்லச்சு முறை எந்திரத்தில் சமதள வரைவு செயல்முறை (planographic process) நிகழ்கிறது. படிமம் உள்ள பரப்பும், இல்லாத பரப்பும் ஒரே சமதளத்தில் அமைந்து இருக்கும். இந்தச் சமதளப் பரப்பில் இருந்து தாளுக்கு அச்சுப் படிமத்தை மாற்றுதல் பின்வருமாறு நிகழும். அச்சுத் தகட்டில் வேதியலாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள படிமத்தின் சில பகுதிகள் மையை ஏற்கும். வேறு சில பகுதிகள் மையை எதிர்க்கும். எனவே மையுள்ள பகுதி அடர்வாகவும் மை குறைந்த, மை அற்ற பகுதிகள் அடர்வு குறைந்து, வெண்மையாகவும் தெரியும். குடைவு அச்சடிப்பு முறையில் மாற்றப்படவேண்டிய அச்சுப்படிமம் அச்சுத் தகட்டின் சமதளப் பரப்பிற்கும் அடியில் அமையுமாறு குடைந்து வரையப் பட்டிருக்கும். அச்சுத்தகடு படிமம் தாங்கி (image carrier) எனவும் அழைக்கப்படுவது உண்டு. இந்த முறையில் குடை முறை பொறிப்புமுறை (gravure) ஆகிய இரு செயல்முறைகளும் பயன்படுகின்றன. திரைவரை முறை அச்சடிப்பில் (துளை வரைமுறை) உருவாக்கப் படவேண்டிய வடிவமைப்பு நுட்பமாக நெய்யப்பட்ட திரையில் எழுதப்பட்டு இருக்கும். அச்சடிக்கப்படாத பகுதிகள் நன்கு அடைக்கப்பட்டு இருக்கும். இதன் மேல்தடவப்படும் மை, துளைகள் வழியாகப் பிதுங்கி அச்சடிக்க வேண்டியதாளின் மேல் பதியும்.மேற்கூறிய நான்கு முறைகளைத் தவிர நிலைமின் அச்சடிப்பு முறை, தாரை அச்சடிப்பு முறை, இரு கல்லச்சு முறை ஆகியன சிறப்புநிலை அச்சடிப்புத் தொழிலிலும், செய்தித்தாள் அச்சடிப்பிலும் பயன்படுகின்றன.

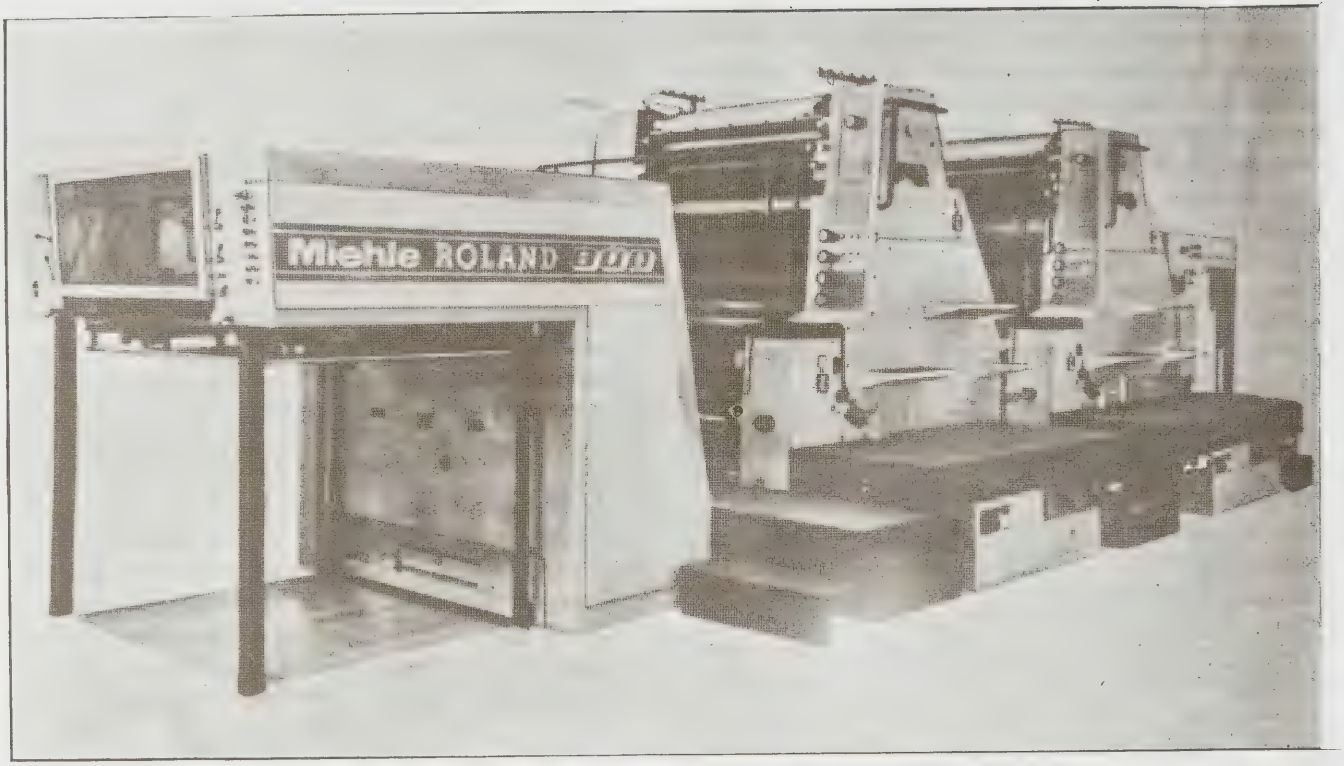
நடைமுறையில் மிகப் பரவலாகப் பயன்படுவது மறுதோன்றி கல்லச்சு முறையே. தனி எழுத்து அச்சுமுறை, குடைவரை அச்சுமுறை, திரைவரை அச்சுமுறை ஆகியனவும் வரிசையாக ஒன்றைவிட ஒன்று குறைவாக நடைமுறையில் உள்ளன.

மறுதோன்றிக் கல்லச்சுமுறை எந்திரங்கள். இதைச் சமதள வரைமுறை என்றும் சொல்லலாம். இது 1896-இல் பவாரியாவைச் சார்ந்த சோலன்ஹோபன் என்னும் இடத்தில் அலாய்ஸ் செனிஃபெல்டர் என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவர் ஒரு குறிப்பிட்ட வகைச் சுண்ணாம்புக்கல்லை சமதளமாகச் செதுக்கி அதன்மேல் கிரேயான் மெழுகால் ஒரு வடிவத்தை வரைந்து அந்தத் தட்டை முதலில் நீரா லும் பின்னர் மையா லும் தடவினார். கிரேயான் அற்ற கல்பகுதிகள் நீரை ஏற்க கிரேயான் உள்ள பகுதிகள் மட்டும் மையை ஏற்றன. இந்த மை ஊட்டிய படிமப் பரப்பில் அவர் ஒரு தாளை அழுத்தி எடுத்தார். கல்லில் உள்ள படிமம் தாளில் பதிந்தது. எனவே இந்த முறைக்கு கல்வரை அச்சு முறை என முதலில் பெயர் ஏற்பட்டது. (கிரேக்க மொழியில் லித்தோஸ் என்றால் கல் என்று பொருள் கிராபைன் என்றால் எழுதுதல் என்று பொருள். எனவே, லித்தோகிராபி என்றால் கல்வரைமுறை என்று பொருள் படும்.) தற்போதும் கலைப்படங்களை அச்சடிக்க இம்முறை பயன்படுத்தப் படுகிறது. இம்முறை மிக மெதுவாக நிகழ்வதுடன், வேலை மிக்கதும் ஆகும். இதற்கு நுட்பக் கலைஞர் தேவை.

துத்தநாக, அலுமினிய, உலோகத் தகடுகளைச் சில பொருளகளால் பூசினால் அவற்றில் ஒளிப்பட முறையில் படிமத்தை மாற்றலாம் என்பது பின்னர் கண்டறியப்பட்டது. இந்தப்படிமம் எண்ணெயை அல்லது எண்ணெய்த் தன்மையுள்ள மையை ஏற்கும் படியும் மூல உலோகம் நீரை ஏற்று மையை விலக்கும்படியும் செய்யலாம். இதில் கல்லின் எடை மிகுதியாக இருக்கும். அப்பிரச்சினை தீர்க்கப்பட்டாலும் இதற்கும் ஒரு நுட்பக் கலைஞர் தேவை. இதன் மீது தாளைப் பதித்து எடுக்கும்போது படிமம் தேய்ந்து அழியத் தொடங்கியது. 1905-இல் ரூபல் என்பார் இந்தப் பிரச்சினையைத் தீர்க்க மறுதோன்றிக் கோட்பாட்டை உருவாக்கினார். இந்த முறை அச்சுத் தகட்டிலுள்ள மை, நீர்ப்படிமம் ஓர் உருளையின் ரப்பர் உறைக்கு (blanket) மாற்றப்பட்டது. இந்த ரப்பர் உறையில் படிந்த படிமம் மறுபடியும் தாளில் பதித்து உருவாக்கப்பட்டது. எனவே இந்த முறைக்கு மறுதோன்றி முறை என்று பெயர் ஏற்பட்டது.

மறுதோன்றி அச்சடிக்கும் எந்திரங்களில் பல்வேறு வகைகள் உள்ளன. தனித்தாள் ஊட்டும் முறை (sheet-fed), ஒற்றை வண்ணமுறை, பல வண்ணமுறை சீர்பாட்டுமுறை (perfecting), தொடர் ஊட்டமுறை, பொதுப்பதிவு உருளை அச்சு எந்திரங்கள் என்பனவே அவை.

தனித்தாள் ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை. தனித்தாள் ஊட்டும் ஒருவண்ண மறுதோன்றி அச்சு எந்திரம் படம் 1-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒரு தட்டாலான உருளையில் 0.005-0.025'' வரை (0.127-0.635மி.மீ) கனம் உள்ள மெல்லிய நெளிவான அச்சுத் தகடு ஒட்டப்பட்டு இருக்கும். இந்தத்தகடுகள் துத்தநாகம், அலுமினியம், குரோம் பூசிய எஃகு, நெகிழி, தாள் ஆகியவற்றால் செய்யப்பட்டு இருக்கும். இவற்றினுடைய இயல்பான பரப்பு மையை எதிர்க்கும். படிமம் உள்ள பரப்பு மையை ஏற்கும். நீர் மைப் படங்கள் அச்சடிப்பின்போது இரண்டாம் உருளையில் கட்டப்பட்டுள்ள ரப்பர் உறைக்கு மாற்றப்படும். இந்த ரப்பர் உருளையில் உள்ள படிமம் பிறகு மூன்றாம் உருளையில் உள்ள தாளுக்கு மாற்றப்படும். இந்த எந்திரங்களில் தாள்கள் காற்று உறிஞ்சல் முறையால் ஊட்டப்படுகின்றன. 54×74 அங்குலம் அளவு தாள்களும் இந்த எந்திரங்களில் ஊட்டப்படுகின்றன. ஒரு மணிக்கு 7500 தாள்கள் என்ற



படம் 1. தனித்தாள் ஊட்டும் மறுதோன்றி அச்சு எந்திரம்.

வீதத்தில் அச்சிடுதல் நிகழும். அச்சிடப்பட்டதும் இந்தத் தாள்கள் அச்சகத்தின் அனுப்புகைப் பகுதிக்குக் கொண்டு செல்லப்படும். மிகச்சிறிய அல்லது நடுத்தர வேலைகள் ஒரு வண்ணத்தில் அச்சடிக்க இவை மிகவும் ஏற்றவை. தாளை நான்கு தடவை அனுப்பி நான்கு வண்ணங்களிலும் இந்த எந்திரத்தில் அச்சடிக்கலாம். பெரிய வேலைகளுக்கும் உயர்ந்த தரமுள்ள வேலைகளுக்கும் இருவண்ண, பலவண்ண அச்சு எந்திரங்கள் சந்தைகளில் கிடைக்கின்றன.

தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை. தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி அச்சு எந்திரங்கள் சீர்பாட்டுக் கோட்பாட்டைப் (perfecting principle) பயன்படுத்துகின்றன. இதில் இரண்டு அணிகள் மேல்பக்கத்தையும் அடிப்பக்கத்தையும் ஒரு தடவையிலேயே அச்சிடுகின்றன. இவை படம் 2-இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இந்த அணிகள் இரண்டும் எதிரெதிர்த் திசையில் அமைந்து ஒன்று அச்சடிக்கும் போது அது மற்றொரு பக்கத்திற்கு முறையாகப் பயன்படும்.

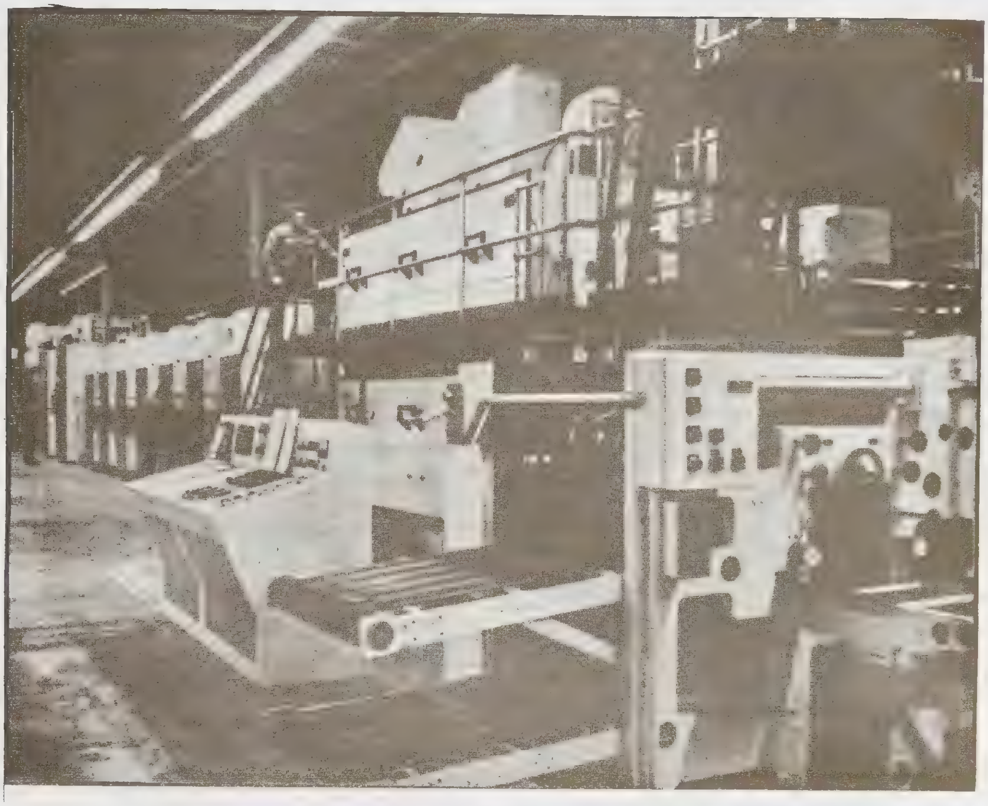
சீர்பாட்டுக்கோட்டைத் தனித்தாள் ஊட்ட அச்சு எந்திரத்தில் பயன்படுத்தித் தாளின் இரு பக்கத்திலும் ஒரே தடவையில் அச்சடிக்கலாம்.

மேற்பூச்சுள்ள தாள் அல்லது பிற வேதிப் பூச்சுள்ள தாள்களைத் தொடர்ந்து ஊட்டும் சீர்பாட்டு முறை அச்சு எந்திரத்தில் செலுத்தும்போது சூடான மை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மையை உலர்த்த இதில் ஓர் அடுப்பு இருக்கும்.

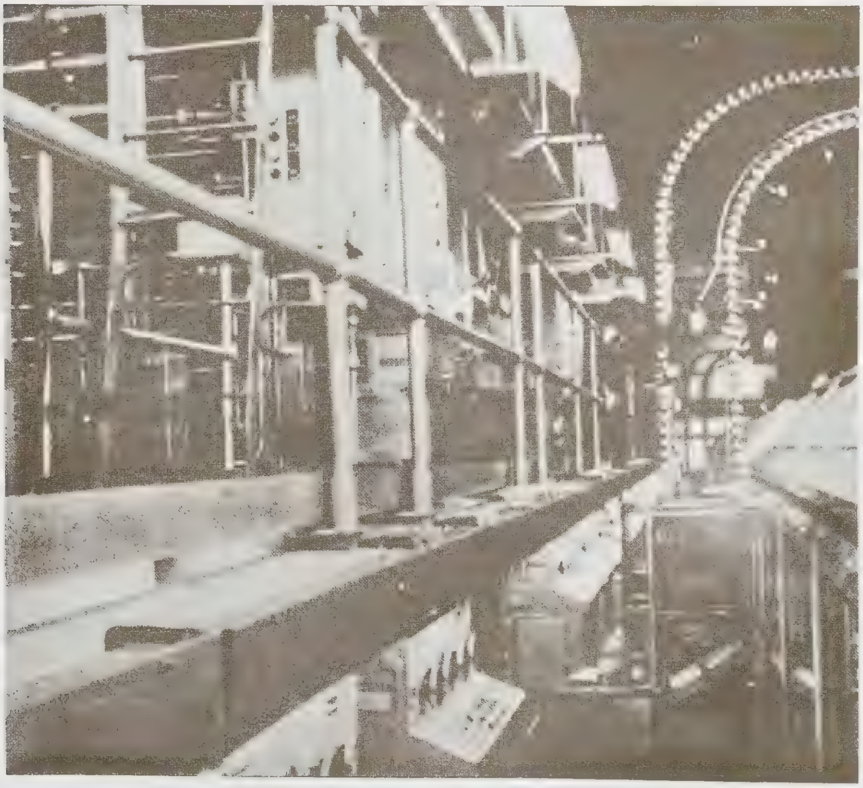
நூல் வெளியீட்டகங்களிலும் வண்ண அச்சடிப்பு நிறுவனங்களிலும் படம் 3 இல் உள்ள இடை (web) உருளை உள்ள அச்சு எந்திரங்கள் பயன்படுகின்றன.

இதில் பல தகடுகளும் உறைகளும் உள்ள உருளைகள் ஒரு பொது பதிவுருளை'யைச் சுற்றி அமைக்கப்பட்டு இருக்கும். இந்த முறையினுடைய சிறப்பு அம்சம், பலவண்ணங்களைத் தக்கபடி இருப்பில் அமைக்க முடிவதாகும். தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி அச்சு எந்திரங்கள் 600-2000 அடி (100-600 மீட்டர்) நீளத்தாளை ஒரு நிமிடத்தில் அச்சடிக்கின்றன.

மறுதோன்றி முறை நகல் எடுப்பிகளும் படிமம் அச்சடிக்கும் எந்திரங்களும். இவை எடையிலும் தரத்திலும் குறைந்தவை ஆகும். இவை அலுவலகங்கள், பள்ளிகள் சிறிய அச்சகங்கள் ஆகிய இடங்களில் கடிதங்கள், ஆவணங்கள், படிவங்கள் உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன. இவற்றின் அளவுகள் $10\times14''$-$18\times24''$ வரை $(25\times37$ - 46×70 செ. மீ. வரை



படம் 2.



படம் 3. நான்கு வண்ண இடை உருளை உள்ள தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை அச்சு எந்திரம்

அமையும். இவற்றில் செலவு குறைந்த தாளாலான படிமத்தகடுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை தலைமைப் படிமங்கள் (masters) எனப்படுகின்றன.

மறுதோன்றி கல்லச்சு முறையில் அச்சடிக்க ஆயத்தப்படுத்தும் நேரம் மிகக் குறைவானது. அதில் பயன்படும் அச்சுத் தகடுகளை ஒளிப்பட முறையில் செய்வது எளிது. பல்வேறுபட்ட பொருள்களில் உயர் தரமான அச்சடிப்புச் செயலைச் செய்ய வல்லது. நூல் வெளியீடு, நூல் விலைப்பட்டியல், செய்தித்தாள், புத்தகம், வாழ்த்து அட்டை, பெட்டி, கோப்பு, முத்திரை, கலைப்படம் போன்றவற்றை இம்முறையில் அச்சடிக்க முடியும்.

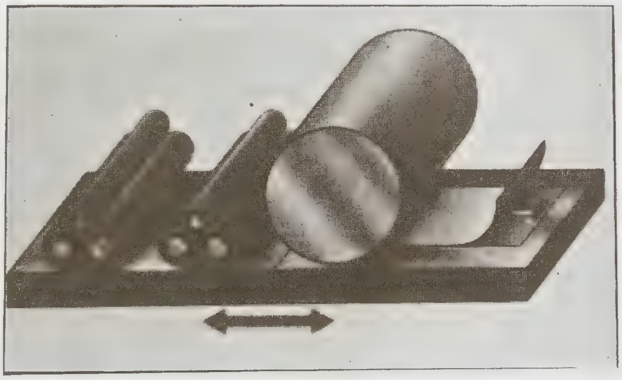
ஒளிப்பசை அச்சடிப்பு முறை எந்திரங்கள். இவை மையும் நீரும் கலவா என்ற கோட்பாட்டைப் பயன் படுத்தும் மறுதோன்றிக் கல்லச்சு முறையையே பயன் படுத்துகின்றன. இது அரைவரி நிழல் அல்லது முழு நிழல் விளக்கப்படங்களை திரையின்றி ஒளிப்பசைப் பொருளால் உருவாக்க வல்லது. பைக்குரோமேட் உள்ள பசை அச்சடிப்பு ஊடகமாகப் பயன்படுகிறது. தேவையான நீர், பசை பூசிய அச்சுத்தகடு பசை-நீர்க்கரைசலில் அமிழ்த்திப் பெறப்படுகிறது. இவை பசை நீரைத் தாம் உறிஞ்சிய ஒளி அளவுகளுக்கு ஏற்ப உறிஞ்சும். இந்த எந்திரங்களில் ஒரு மணி நேரத்தில் 100-5000 படிகள் உருவாக்கலாம். இவை திரைப்பட விளம்பரப் படங்கள் அடிக்கவும் நுண்ணிய கலைப்படங்கள் அடிக்கவும் உதவுகின்றன.

உலர் மறுதோன்றி முறை. இம்முறை மறு தோன்றி முறையையும் தனி எழுத்து அச்சடிப்பு முறையையும் இணைத்துச் செயல்படுகிறது. இம் முறையில் அச்சுத்தகடு தனி எழுத்து முறை போலவே அச்சுப்பகுதி மேல் எழுந்தும், அச்சிடாப் பகுதி கீழ் தாழ்ந்தும் இருக்கும். தகட்டில் உள்ள மை முதலில் ரப்பர் உறைக்கு மாற்றப்பட்டுப் பிறகு அது தாளுக்கு மாற்றப்படும். இங்கு தனி எழுத்து அச்சுத் தகடு பயன்படுத்தப்படுவதால் ஈரப்படுத்தும் அமைப்புகள் தேவை இல்லை. இந்த அச்சடிப்பைப் பல்வேறுவகைத் தாள்களில் அச்சடிக்கலாம் இம்முறை அச்சுத்தகடுகள் மறுதோன்றி அச்சுத் தகடுகளைவிட நீண்ட ஆயுள் உடையன. ஆனால் மறுதோன்றி முறையை விட அச்சடிக்க ஆயத்தம் செய்யும் நேரம் இம்முறை யில் கூடுதலாக அமையும். எனவே இது புத்தகம், விளம்பரத் தாள்கள். பெட்டிகளில் பயன்படும் பெயர் விளம்பரங்கள் அச்சடிக்கப் பயன்படு கின்றது. அச்சுத் தகடுகள் மக்னீசியம், துத்தநாகம், நெகிழி அல்லது நெகிழி பூசிய உலோகங்கள் ஆகிய வற்றில் செய்யப்படுகின்றன. இவ்வகை உலர் மறு தோன்றி முறை அச்சுத்தகடுகள் நேரடிப் படிம ஒளிப்பல்லுறுப்பி அச்சுத்தகடுகள் (direct image photopolymer plates) என அழைக்கப்படுகின்றன.

உலர் மறுதோன்றி வரைமுறை. இது மற்றோர் உலர் மறுதோன்றி அச்சடிப்புச் செயல் முறை ஆகும். இதிலும் படிமம் பிரிக்கத் தண்ணீரைப் பயன்படுத்து வது இல்லை. இதற்கான அச்சுத் தகடுகள் படிமம் இல்லாத பரப்புகளில் மையை எதிர்க்கக் குளோரின் ஊட்டிய ஹைடிரோ கார்பனால் பூசப்படுகின்றன. இது வணிகப் படிமங்களை அச்சடிக்க ஏற்றதாகும்.

தனிஎழுத்து அச்சு எந்திரம். அச்சடிப்பு முறை களில் இரண்டாவதாக உருவாகிய முறை தனி எழுத்துகளை அச்சுக்கோத்து அடிக்கும் முறையாகும். 1454-இல் விவிலிய நூலை அச்சேற்றிய கூட்டன் பர்கு காலத்திலிருந்து இச்செயல்முறை வழக்கிற்கு வந்தது; என்றாலும் இதற்கு முன்பே சீனாவிலும் கொரியாவிலும் மரப்படக் கட்டைகளால் அச்சடிக்கும் முறை நிலவியது.

தனி எழுத்து அச்சடிப்பு முறையில் தனித்தனி எழுத்துகள் அச்சுக்கோக்கப்படுகின்றன. இந்த எழுத்துகளும் படங்களும் ஒரு சட்டத்தில் இறுக்க மாகப் பொருத்தப்படுகின்றன. இந்த அமைப்பு அச்சுத்தகடு போலப் பயன்படுகிறது. எழுந்துள்ள பரப்பில் சமஅளவில் மையைத் தடவி தாளில் அச்சடிக்கலாம். எழுந்த பரப்பில் உள்ள மைப்படலம் அச்சடிக்கும்போது பிரிந்து தாளில் பதிந்து அச்சுப் படிமத்தை (print image) உருவாக்கும்.



படம் 4. தனி எழுத்து அச்சு எந்திரம்

நடைமுறையில் தனி எழுத்து அச்சு எந்திர வடிவமைப்புகள் உள்ளன. அவை, தட்டுவகை (platen type), தட்டைப்படுக்கை உருளை (flatbed cylinder) (படம் 4) சுழல் வகை (rotary) எனப்படும்.

தட்டுவகை அச்செந்திரங்கள் (platen press). இரு தட்டைப் பரப்புகளை ஒருங்கிணைத்து அச்சடிக்கும் எந்திரம் தட்டு அச்செந்திரமாகும். அச்சுப்படிவம் அல்லது தனி எழுத்து அச்சுத்தட்டு (relief printing plate) அச்சு எந்திரத்தில் அமைந்த படுக்கைக்கு குத்துவாக்கில் ஒற்றப்படும். அச்சிட வேண்டிய தாளில் படிவத்தின் அழுந்து செயல்பாட்டால்

அச்சடிக்கப்படும்போது தட்டு கனமான எண்ணெய் இட்ட டிம்ப்பேன் என்ற தாளால் மூடப்பட்டிருக்கும். இம்முறையில் ஒரு மேம்பாடு அச்சிடும் பொருளைத் தெளிவாக வேண்டியபடி மாற்றியமைக்க முடிதலே யாகும். அச்சு எழுத்துகள், ஒளிப்பட முறைக் குடைவுகள், கைம்முறைக் குடைவுகள், மின்அச்சு எழுத்துகள், பருநிலை அச்சு எழுத்துகள், மரப்படக் கட்டைகள், இரப்பர் அல்லது நெகிழி அச்சுத் தட்டு கள் போன்ற எவ்வகையான எழுந்த பரப்பையும் அச்சிடப்பயன்படுத்தலாம். இந்த எந்திரம் எழுத்துப் பொறிப்பு (embossing) இலச்சினையிடல் (stamping), உலோகச்சுடர் அச்சுகளைக்கொண்டு வடிவம் வெட்டல் (die cutting) கீரிசிங் (greasing) போன்ற பணிகளுக்குப் பயன்படும். இது மற்ற அச்சு எந்திரங் களைவிடக் குறைந்த வேகமுடைய எந்திரமாகும்.

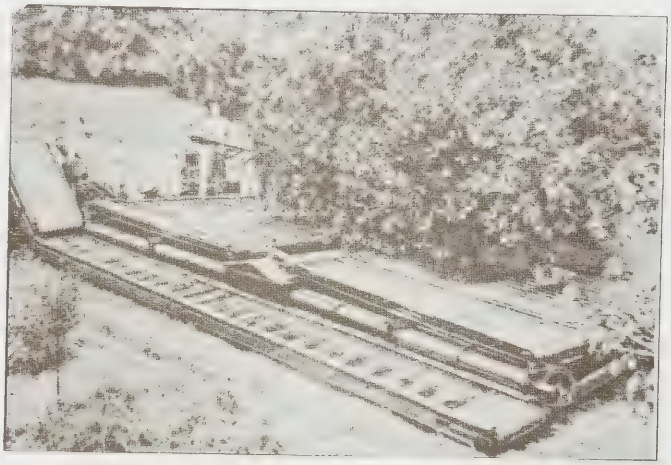
- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

எந்திரம், அறுவடை

இவ்வெந்திரங்கள், பெரிதும் தொழிலாளர்களைச் சார்ந்திருப்பதைக் குறைக்கவும், உற்பத்தியைப் பெருக்கவும், உகந்த காலநிலை நிலவும்போது, வயல் வேலைகளை உரிய நேரத்தில் செய்து முடிக்கவும் பயன்படுகின்றன.

பெரிய வேளாண் பண்ணைகளில், அளவில் பெரிய வேளாண் எந்திரங்கள் பயன்படுகின்றன. ஆற்றலால் இயங்கும் எந்திரங்களில், அதை இயக்கும் தொழிலாளி சிறிய எந்திரங்களைப்போல் பெரிய எந்திரங்களையும், எளிதாக இயக்கலாம். இதனால் அத்தொழிலாளியின் உற்பத்தித்திறன் அதிகரிக் கின்றது.

காய்கறி, பழவகைப் பயிர்களை அறுவடை செய்யும் எந்திரங்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியும், வளர்ச்சியும் 1950 ஆம் ஆண்டிலிருந்தே நடை பெற்றுக் கொண்டிருக்கிறது. இவ்வெந்திரங்களின்



படம் 1. செர்ரி பழவகையை அறுவடை செய்யும் எந்திரம்

படம் 2. பழச்சாறு தயாரிக்க உதவும் திராட்சைப்பழங்களை ஓர் ஏக்கருக்கும் மேலாக ஆறுவடை செய்யும் எந்திரம்.

கண்டுபிடிப்பால், அறுவடைக்குத் தொழிலாளர்களை நம்பி இருப்பது முற்றிலுமாகத் தவிர்க்கப்படக்கூடும். தற்போது தேவையான அளவில் மரங்களும் திராட்சைப்பழங்களும் எந்திரங்களால் அறுவடை செய்யப் படுகின்றன. இதில், மரங்களும், திராட்சைக் கொடிகளும் ஒரு கருவியால் நன்கு அசைக்கப்பட்டு அவற்றிலிருந்து விழும் பழங்கள், அதற்குரிய தட்டு களில் திரட்டப்படுகின்றன. பின் அவை பெரிய தொட்டிகளுக்கு மாற்றப்படுகின்றன. இம்முறை மொத்தமாக நீக்கும் முறை (mass removal method) எனப்படும்.

பொதுவாக, அனைத்து அறுவடை எந்திரங்களும் அறுவடை செய்ய வேண்டிய பயிர்களை, முதிர்ந்தவை முதிராதவை என்று வேறுபடுத்திக் காட்டக்கூடியவை யாக அமைந்திருப்பதில்லை. அதனால், அனைத்துப் பயிர்களுமே ஒன்றாக அறுவடை செய்யப்படுகின்றன.

படம் 3. உருளைக்கிழங்கு அறுவடை செய்யும் எந்திரம்

படம் 4 மக்காச்சோளம் பறிக்கும் எந்திரம்,

ஆனால் கீரைச் செடிகளை அறுவடை செய்யும் எந்திரங்கள், மின்னணுவியல், முறையில் முதிர்ந்த கீரைத் தளையை (head of lettuce) அறுவடை செய்து, முதிராதவற்றைப் பின்னர் அறுவடை செய் வதற்காக விட்டு விடுகின்றன. இதைப்போலவே வெள்ளரிக்காய்களை அறுவடை செய்யும் எந்திரங் களும், பெரிய காய்களை மட்டும் அறுவடை செய் கின்றன.

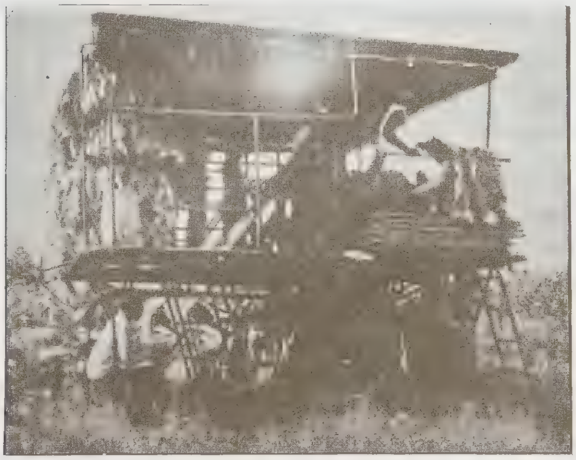
தக்காளியை அறுவடை செய்யும்போது, முழுச் செடியும் எந்திரங்களால் பிடுங்கப்பட்டுப் பின்னர், எந்திரங்களில் பழங்கள் நீக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் கனிந்தவற்றையும் காய்களையும் தனித் தனியாகப் பிரிப்பதற்குத் தொழிலாளர்கள் தேவைப்படுகின்ற னர். இதே முறையில் உருளைக் கிழங்குகளும் அறுவடை செய்யப்படுகின்றன.

மக்காச் சோளம் பறிக்கும் எந்திரத்தில் சிறப்பாக வடிவமைக்கப்பட்ட உருளிகள் பயிரினூடே சென்று

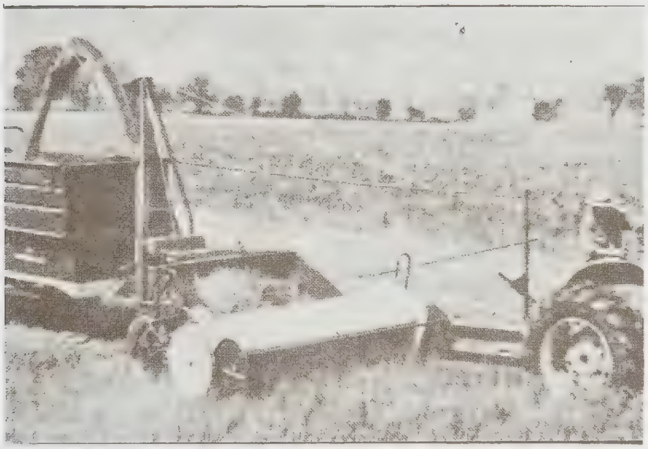
படம் 5. பருத்தியைப் பறித்தெடுக்கும் எந்திரம்

படம் 6. கரும்பு - அறுவடை எந்திரம்

சோளக் கதிர்களைத் தனியாக அறுவடை செய்கின்றன. தேவையற்ற உமி போன்ற பொருள்கள் தனியாக நீக்கப்படுகின்றன.



படம் 7. புகையிலை - அறுவடை எந்திரம்.



படம் 8. செதுக்கும் கத்தியுடன் அமைந்த கால்நடைத் தீவன அறுவடை எந்திரம்.

பருத்தி, கரும்பு, புகையிலை, கால்நடைத்தீவனம் போன்றவற்றை அறுவடை செய்யும் எந்திரங்கள் படங்கள் 5,6,7,8 ஆகியவற்றில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

- வா. அனுசுயா

எந்திரம், பால்பண்ணை

பால், பால் பொருள்கள் போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்யவும், செயல்படுத்தவும் உதவும் கருவிகள் பால்பண்ணை எந்திரங்கள் எனப்படும். பால்கறக்கும் எந்திரம், பாலேடு நீக்கி (cream separator), குளிர்விக்கும் கலம், பாலைச் சூடாக்கித் தூய்மை செய்யும் கருவி (pasteurizors), செயற்கைப் பால் உண்டாக்கும் கருவி (homogenizers), வெண்ணெய் தயாரிக்கும் கருவி, ஆவியாக்கும் கலம், உலர்விப்பான் போன்ற கருவிகள் பால் பண்ணை எந்திரங்களுள் அடங்கும். இக்கருவிகள் எளிமையாகத் தூய்மை செய்யவும்,

பால், பால் பொருள்கள் ஆகியவை தூசு, எண்ணெய், கரையக்கூடிய உலோகங்கள், பூச்சிகள், சில வெளிப் பொருள்கள் இவற்றால் மாசுபடுவதைத் தடுக்கவும் வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

கட்டமைப்பும், வடிவமைப்பும். இக்கருவிகள் பெரும்பாலும் துருப்பிடிக்காத எஃகினால் செய்யப்படுகின்றன. இவ்வகை எஃகினாலான கருவியின் பகுதி பால், உணவுப் பொருள்களுடன் நேரடித்தொடர்பு கொள்ளும்போது எவ்விதத் தீங்கும் ஏற்படுவதில்லை. அப்பொருள்களின் மணமும் கெடுவதில்லை. ஆனால் நீண்ட நாள்களுக்கு உணவுப் பொருள்களுடன் தொடர்பு கொண்டிருந்தாலோ, அரிமானத்தைத் தடுக்கும் ஆக்சைடு படலம் நீக்கப்பட்டாலோ, இக்கருவிகள் அரிக்கப்படுகின்றன. குளோரினுடன் நீண்ட நாள் தொடர்பு கொண்டிருந்தால் ஆக்சைடு படலம் நீக்கப்படுகிறது. ஆகவே, துருப்பிடிக்காத எஃகு பகுதிகளை அழுக்கு நீக்கும் கரைசலைக் கொண்டு ஒழுங்காகத் தூய்மைப் படுத்த வேண்டும். மேலும் இக்கருவிகளைப் பயன்படுத்துவதற்கு முன்னர் தூய்மைப்படுத்தினால், குளோரினுடன் அதிகமாகத் தொடர்பு கொள்வது தவிர்க்கப்படுகிறது. பால் பண்ணைக் கருவிகளின் பரப்புகள், ஹைபோ குளோரைட் கரைசலினால், தூய்மைப்படுத்தப்படுகின்றன.

நவீன பால்பண்ணைக் கருவிகளைத் தனித்தனியாகப் பிரிக்காமல், இருக்கும் இடத்திலேயே தூய்மைப்படுத்தும் வகையில் இவை வடிவமைக்கப் பட்டுள்ளன. இம்முறையில் அழுக்கு நீக்கும், தூய்மைப்படுத்தும் கரைசல்கள், கருவி முழுதும் எக்கிகளால் (pumps) செலுத்தப்படும், கருவிகள் வழவழப்பான பரப்புகளைக் கொண்டவாறு வடிவமைக்கப்படுவதால் உணவுப் பொருள்கள் அப்பரப்புகளில் படிவதில்லை.

பால் பண்ணை, உணவுப் பொருள் கருவிகளின் வடிவமைப்பு, கட்டமைப்பு, செயல்முறை தூய்மைப் படுத்தல் ஆகியவை 3 - A என்ற செந்தரத்தின்படி (standard) அமைகின்றன. இந்த 3- A செந்தரம் பொருள்களின் கட்டுத்தன்மை, தடிமன், பரப்புச் சீர்மை, முனைகள் மற்றும் இணைப்புகளின் வடிவமைப்பு, அளவு, ஆற்றல் தேவைகள், பயன்படுத்தும் முறை ஆகியவற்றைப் பற்றி அறிய உதவுகிறது.

எக்கிகள், அசைக்கும் கருவிகள் (agitators), மைய விலக்குக்கருவிகள் (centrifuges), செயற்கைப் பால்

உண்டு பண்ணும் கருவி (homogenizer) ஆகிய வற்றிற்குத் தேவையான ஆற்றலை மின்னோடிகள் வழங்கும். சிறு கருவிகளின் சூடாக்கலுக்கும், செயல் பாட்டுக் கருவிகளின் கட்டுப்பாட்டிற்கும் மின்சாரம் தேவைப்படுகிறது. கருவியைத் தூய்மைப்படுத்தவும், பாலைச் சூடாக்கித் துப்புரவு செய்யவும் தேவையான சுடுநீரும், நீராவியும் கொதிகலனிலிருந்து கிடைக்கப் பெறுகின்றன. வெப்பப்படுத்துதலுக்குப் பயன்படும் முதன்மையான பொருள் நீராவியேயாகும். பாலைச் சூடாக்கித் துப்புரவு செய்வதற்கும், கிருமிகளைக் கொல்வதற்கும் கருவியைத் தூய்மைப்படுத்துவதற்கும் வெப்பப்படுத்தல் முறை கையாளப்படுகிறது.

பால் கறக்கும் எந்திரம். இக்கருவிகள் பசுவின் மடியிலிருந்து பாலைக் கறந்து, அருகிலுள்ள பாத்தி ரத்திற்கோ நேரடியாக மையக் குளிர்விக்கும் தொட்டிக்கோ குழாய்கள் மூலமாகச் செலுத்து கின்றன. வளையக் கூடிய உட்சுவரில் உள்ள, வெற்றிடத்தினால் உறிஞ்சும் கிண்ணம் பாலை உறிஞ்சுகிறது. எந்திரத்தினால் பால் கறப்பதற்கு $3\frac{1}{2}$ - 5 நிமிடங்களே தேவைப்படும். இது கையால் கறப்பதை விட மிகக் குறைவான நேரமாகும்.

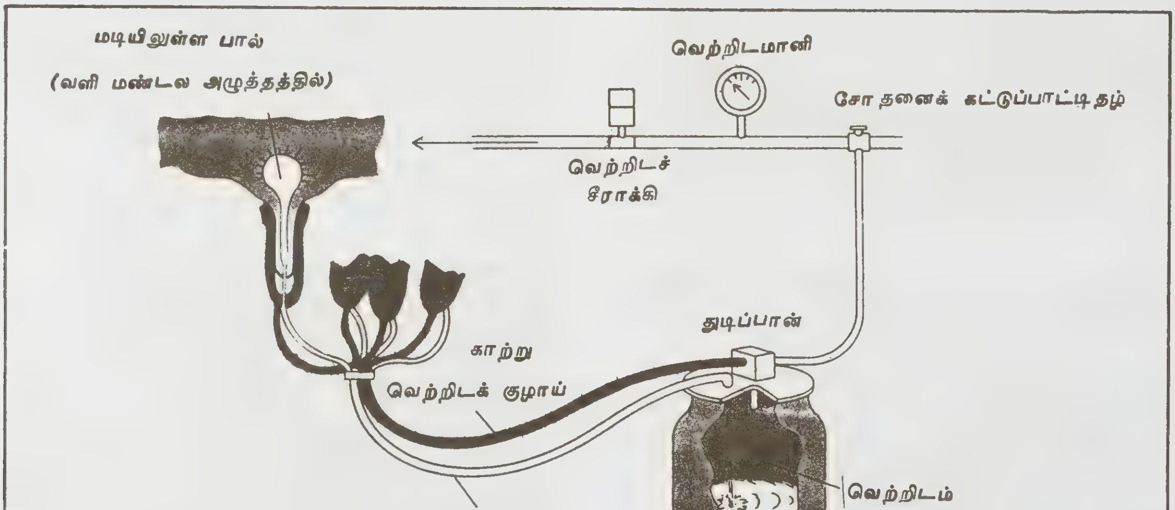
இவ்வெந்திரம், வெற்றிடத்தை உண்டாக்கும், ஆற்றல் அலகுடன் இணைந்த ஓர் அலகையும், வளையக்கூடிய நீண்ட குழாய்களையும் துடிப்பை உண்டு பண்ணும் கருவியையும், பாலைச்சேகரிக்கும் கலத்தையும் கொண்டது.

மின்னோடியின் உதவியால் இயங்கக்கூடிய உந்து அல்லது இதழ் வடிவ எக்கி 10-15 அங்குலம் பாதரச அளவிற்கு வெற்றிடத்தை உருவாக்க உதவு கிறது. இந்த வெற்றிட எக்கியின் வெளிப்புறத்திற்கு அருகிலுள்ள வெற்றிடச் சேகரிப்புத் தொட்டி, உந்தின் ஏற்ற இறக்கத்தைக் குறைக்க உதவுகிறது.

வகை. பால்கறக்கும் எந்திரங்கள் தூக்கிச் செல்லக்கூடிய வகை, குழாய்வகை என இருவகைப் படும்.

செயல்முறை. இரு நீண்ட குழாய்கள் உறிஞ்சும் கிண்ணங்களுள்ள அலகிற்குச் செல்கின்றன. அவற்றில் ஒன்று காற்றுக் குழாய் எனப்படும். அது துடிப்பானு டன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்காற்றுக் குழாய், வளிமண்டல அழுத்தத்தில் காற்றையும், வெற்றிடத் தையும் உறிஞ்சு கிண்ணத்தில் உருவாக்குகிறது. மற்றொரு குழாய், பால் குழாய் எனப்படும். இது வளிமண்டல அழுத்தத்தில் பசுவின் மடியிலுள்ள பாலை, உறிஞ்சு கிண்ணங்களின் வழியாக வெற்றி டத்துடன் உள்ள பால் சேகரிக்கும் தொட்டியை அடையச் செய்கிறது.

பாலைக் குளிர்விக்கும் எந்திரம். கறக்கப்பட்ட பால் உடனடியாகக் குளிர்விக்கப்பட வேண்டும். இவ்வாறு குளிர்விக்கப் படுவதால், நுண்ணுயிரிகளின் வளர்ச்சி தடுக்கப்படுகிறது. கறந்த பாலின் வெப்ப நிலை பொதுவாக 20-22°C ஆக இருக்கும்.



படம் 1. பால் கறக்கும் எந்திரம்

இப்பால் 2-3 மணிக்குள் 45-55°F வெப்பநிலைக்குக் குளிர்விக்கப்படவேண்டும். பரப்புக்குளிர்விப்பான்கள், சேகரிக்கும் தொட்டிக்குள் பால் விழும் முன்னரே குளிர்விக்கின்றன. இவ்வகைக் குளிர்விப்பான்களில் முதலில் குளிர்ந்த கிணற்று நீர் குளிர்விப்பியாகப் பயன்படுகிறது. இறுதிநிலையில் எந்திர முறையில் குளிர் பதனம் செய்யப்படுகிறது. குளிர்விக்கப்பட வேண்டிய பால், குவளைகளில் நிரப்பப்பட்டு குளிர்பதனப் பெட்டிகளில் வைக்கப்படுகிறது. இம்முறையில் பால் 50°Fக்கும் குறைவாகக் குளிர்விக்கப் படுகிறது. இக்குவளைகளின் வெளிப்பரப்பின் மீது குளிர்ந்த நீர் தெளிக்கப்படுகிறது. அல்லது இக் குவளைகள் குளிர்ந்த நீரினுள் அமிழ்த்தி வைக்கப் படுகின்றன. 3-A செந்தரப்படி வடிவமைக்கப்பட்ட தொட்டிகள் பாலை 50°Fக்கு 1 மணி நேரத்திற் குள்ளும் 40° Fக்கு 2 மணி நேரத்திற்குள்ளும் குளிர் விக்கும் திறன் கொண்டவை. இக்குளிர்ந்த பாலுடன் சூடான பாலைக் கலக்கும் போது அக்கலவையின் வெப்பநிலை 50°Fக்கு மேல் இருக்கக் கூடாது. பொதுவாக பால் 40°F அல்லது அதற்கும் குறைவான வெப்ப நிலையில் ஒன்று அல்லது இரண்டு நாள், தொட்டிகளில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தூய்மைப்படுத்தும் கருவி. இக்கருவி, பாலில் உள்ள தேவையற்ற மாசுப் பொருள்களை, மைய விலக்கு விசையின் மூலம் நீக்குகிறது. சில சமயங் களில் வடிப்பான், இத்தூய்மைப் படுத்தலுக்குப் பயன்படுகிறது. ஆனால் வடிப்பான் குறைந்த திறன் உடையது. தோற்றத்திலும், செயல்முறையி லும் இத்தூய்மைப்படுத்தும் கருவி பிரிப்பானைப் போன்றது. சிறு கிண்ணத்தில் சேகரிக்கப்பட்ட மாசுப் பொருள்கள் அடிக்கடி நீக்கப்பட வேண்டும். பொதுவாக, பால் சூடாகும் முன்னரே தூய்மைப் படுத்தப்படுவதால் சூடாக்கப்பட்ட பால் மாசுபடுவது தடுக்கப்படுகிறது. இத்தூய்மைப் படுத்தல் 50°-95°F வெப்பநிலையில் மேற்கொள்ளப்படுகிறது பாலிலிருந்து கொழுப்பை நீக்க உதவும் எந்திரமுறை மையவிலக்குக் கருவி பாலேடு நீக்கிகள் எனப்படும். செயற்கைப்பால் உண்டாக்கும் கருவி, பாலைச் சூடாக்கித் துப்புரவு செய்யும் கருவி, போன்றவை முக்கியமான பால் பண்ணை எந்திரங்களாகும். ஆவியாக்கும் கலமும் உலர்விப்பானும் பாலில் உள்ள நீரை நீக்க உதவும் எந்திரங்களாகும். இதனால், சேமிப்பு மற்றும் போக்குவரத்துச் செலவுகள் குறைகின்றன.

- வா. அனுசுயா

எந்திரம், விதைக்கும்

விதைத்தல் என்பது விதைகளை வேண்டிய ஆழத்தில் ஊன்றுதல், நிலத்திற்கு மேல் விதைகளைத் தூவுதல், நாற்றுகளைப் பிடுங்கி நடுதல் போன்றவற்றைக் குறிப்பிடுகிறது. உயர் விளைச்சல் கிடைத்திடத் தேவையான அளவு விதைகளைச் சரியான ஆழத் தில், காலந் தவறாது, தக்க இடைவெளிவிட்டு ஊன்றுதல் வேண்டும். பொதுவாக நிலக்கடலை, மக்காச்சோளம் போன்ற பெரிய விதைகள் ஆழத் திலும், ராகி, கம்பு போன்ற சிறுதானியங்கள் மேலாகவும் ஊன்றப்படுதல் வேண்டும்.

விதைக்கும் முறைகள். தூவுதல், துளையிட்டு விதை ஊன்றுதல், ஏருக்குப் பின்னால் விதையிடல், சாலில் விதையிடல், செடிக்குச்செடி வரிசைக்கு வரிசை சம இடைவெளியில் விதையிடல், செடிக்குச் செடி இடைவெளியில் விதையிடல், நாற்று நடுதல் என விதைக்கும் முறைகள் பல வகைப்படும்.

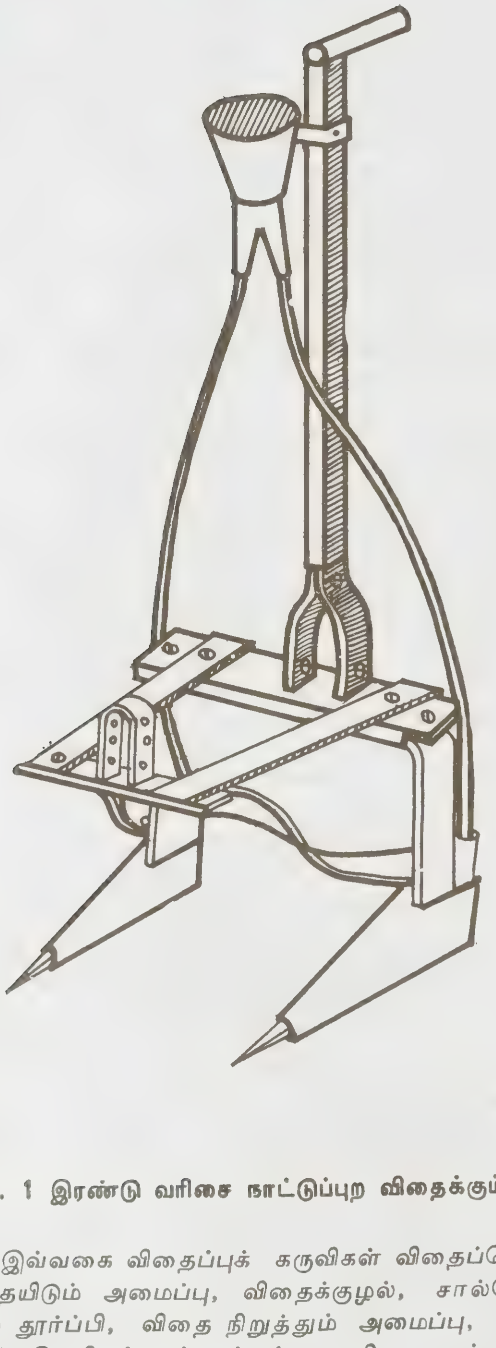
விதைக்கும் கருவியின் பணிகள். நல்ல விதைக்கும் கருவி சீரான ஆழத்திற்குச் சால் அமைத்தல், விதை பழுதடையாமல் ஒரே சீராக விதையிடல், இட்ட விதைகளை மூடி மண் அணைத்தல் என மூன்று பணிகளையும் சிறப்பாகச் செய்திடும் வகையில் வடி வமைத்திடல் வேண்டும். விதைக்கும் எந்திரங்களை விதையிடும் முறைகளைக் கொண்டு இரண்டு வகை களாகப் பிரிக்கலாம். இவை மனிதர்களால் விதை யிடும் விதைப்புக் கருவி, தானாகவே விதையிடும் விதைப்புக் கருவி எனப்படும்.

முதல் வகை விதைப்புக் கருவிக்குச் சான்றாக, ஆந்திர மாநிலத்தில் உள்ள 'கொழு' விதைக்கும் கருவியைக் கூறலாம். இக்கருவி மாடு கொண்டு இழுக்கப்படுகிறது. படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் இரண்டு அல்லது மூன்று சிறு கலப்பைகள், நிலத்தை உழுது சால் உண்டாக்குகின்றன. ஒருவர் உழுது கொண்டு செல்ல, மற்றொருவர், மேலே உள்ள கூம்பு வடிவ விதைப்பெட்டியில். விதைகளை ஒரே சீராகப் போட்டுக்கொண்டு வர வேண்டும். விதைப்பெட்டி, குழாய்கள் மூலம் கலப்பையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கலப்பையில், துளையிடப் பட்டு விதைகள், கொழுவிற்குப் பின்னால் விழும் படி வகை செய்யப்பட்டுள்ளது.

இக்கருவியில் விதையிடுபவர், மிகவும் பழக்கப் பட்டவராக இருத்தல் வேண்டும். விதைகள் ஒரே சீராக விழும் வாய்ப்புக் குறைவு.

இரண்டாவது வகை விதைப்புக் கருவிகளை, மனிதரால் தள்ளப்படும் கருவி, விலங்குகளால் இழுக் கப்படும் கருவி, உழுவுந்தினால் இயங்கும் கருவி என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

மனிதரால் தள்ளப்படும் கருவி ஒரு வரிசையில் விதைப்பதற்கும், மாடுகளால் இழுக்கப்படுபவை மூன்றில் இருந்து 5 வரிசை வரை விதைப்பதற்கும் உழுவுந்து மூலம் இயக்கப்படுபவை 6-12 வரிசை வரை விதைப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.



படம். 1 இரண்டு வரிசை நாட்டுப்புற விதைக்கும் கருவி

இவ்வகை விதைப்புக் கருவிகள் விதைப்பெட்டி, விதையிடும் அமைப்பு, விதைக்குழல், சால்கொழு, சால் தூர்ப்பி, விதை நிறுத்தும் அமைப்பு, கொழு உயர்த்தி, நிலச் சக்கரங்கள் முதலிய உறுப்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

விதைப்பெட்டிகள். இவை கன செவ்வக வடிவத்திலோ, கூம்பு வடிவத்திலோ அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மரம், இரும்புத்தகடு, அலுமினியத் தகடு முதலியன விதைப் பெட்டிகள் செய்யப் பயன்படுகின்றன. விதைப் பெட்டிகளின் கொள்ளளவு 1-10 கிலோ வரை வேறுபடுகிறது.

விதையிடும் அமைப்பு. இவற்றை வரி. உருளை அமைப்பு, உமிழ் குப்பி அமைப்பு, இருபக்கச் சக்கர அமைப்பு என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

வரி உருளை அமைப்பு. இவ்வமைப்பில் உருளையின் சுற்றுப்புறத்தில் நீளவாக்கில் குழிகள் தோண்டப்பட்டு, ஒரு குழியில் ஒரு சமயத்தில் ஒரு விதை மட்டும் அமரும் வண்ணம் வகை செய்யப்பட்டுள்ளது. உருளையைச் சற்று முன்னால் தள்ளினால், ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விதைகள் ஒரே சமயத்தில் ஒரு குழியில் விழக்கூடும். விதை அளவை மாற்றி உருளையின் வேகத்தையோ, உருளையின் சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள குழிகளின் எண்ணிக்கையையோ மாற்றிட வேண்டும். இந்த உருளைகள் நிலச்சக்கரத்துடன் சங்கிலி, பற்சக்கரம் அல்லது பட்டைகள் மூலமாக இணைக்கப்பட்டு இயக்கப்படும். இந்த உருளைகள் விதைப் பெட்டியின் அடிப்பாகத்தில் பொருத்தப்பட்டு, விதைகளை, விதைக்குழல்களுக்குள் செலுத்தப் பயன்படுகின்றன.

இருபக்கச்சக்கர அமைப்பு. இது உருளைக்குப் பதிலாக, ஒரு சக்கரத்தின் இருபக்கமும் விதைகளை எடுத்துச் செல்லப் பயன்படுகிறது. ஒரு பக்கம் பெரிய குழிகளையும், மறு பக்கம் சிறு குழிகளையும் கொண்டிருக்கும். பெரிய விதைகள் விதைத்திடும்போது, பெரிய குழிகள் உள்ள பக்கம் மட்டும் திறக்கப்பட்டிருக்கும். மறுபக்கம் உள்ள குழிகள் ஒரு தகட்டால் மறைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு சிறு விதைகள் விதைக்கப்படும் போது மறுபக்கத்தில் உள்ள பெரிய குழிகள் மறைக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே, இது பல விதமான விதைகளுக்கும் பயன்படுகிறது. விதை அளவு இந்தச் சக்கரத்தின் சுழல் வேகத்தை மாற்றுவதால் மட்டுமே மாறுபடுகிறது.

சால்கொழு. இவை கலப்பைகளைப்போல் ஆழமாக உழாமல் தேவையான ஆழத்தில் சால் அமைத்திடப் பயன்படுகின்றன. இவற்றைக் கொத்துக்கொழு (lee type), இறக்கைக்கொழு (shoe type), ஒற்றைச் சட்டிக்கொழு, இரட்டைச் சட்டிக் கொழு என நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

கொத்துக்கொழு. சிறுகற்கள் நிறைந்த சரளை நிலங்களிலும், வேர்கள் மண்டியுள்ள நிலப்பகுதிகளிலும் இது பயன்படுகிறது. உழுகின்ற கொழுவின் ஒரு முனை தேய்வடைந்தால் மறுமுனையை மாற்றிப் போட இயலும்.

இறக்கைக்கொழு. மிகவும் இளகிய மண் வகைகளுக்கு ஏற்றது. இரண்டு வளைந்த தகடுகளின் முன் பகுதிகள் ஒன்றாக ஒட்டப்பட்டு, கூர்மையான உழும் பகுதியாக மாற்றப்பட்டுள்ளன. பின் பகுதிகள் ஒட்டாமல் விரிந்து இருக்கும்.

ஒற்றைச் சட்டிக்கொழு (single disc type). இவை வயல்களில் சிறு சிறு செடிகளும், வெட்டப்பட்ட

சருகுகளும், நிறைந்திருக்கும் போது பயன்படுகின்றன. இவை நேராகப் பொருத்தப்படாமல், சற்றே சாய்வாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இது மண்ணை வெட்டிச்சால் அமைக்கப் பயன்படுகின்றது.

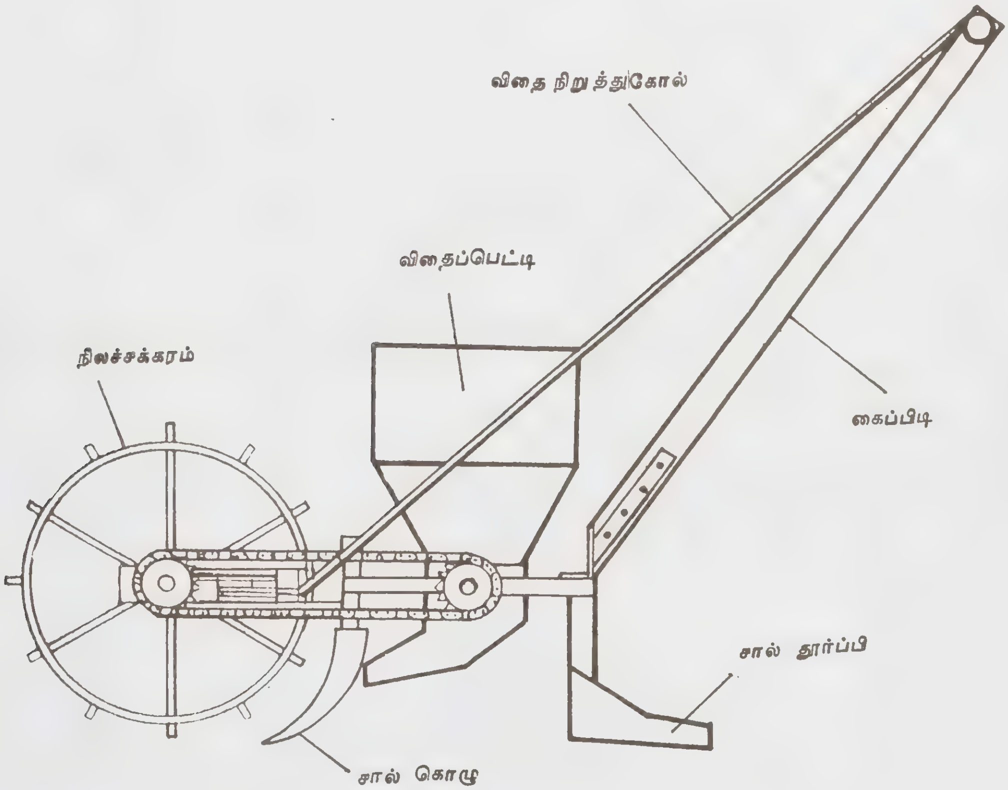
இரட்டைச் சட்டிக்கொழு (double disc type). இவை விதைகளைச் சரியான ஆழத்தில் ஊன்றிட மிகவும் பயன்படுகின்றன. விதை இரண்டு சட்டிகளுக்கும் இடையில் விழும்.

புழக்கத்தில் உள்ள விதைப்புக் கருவிகள்

ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி. இது மனிதர்களால் தள்ளப்பட்டு இயங்குகிறது. இதை இயக்கிட ஓர் ஆள் தேவை. அதன் விதைப்பெட்டி கனசெவ்வக வடிவமுள்ளது.

இப்பெட்டி ஒரு சமயத்தில் ஒரு கிலோ விதை கொள்ளும் திறன் உடையது. படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் ஒரு சட்டத்துடன் நிலச்சக்கரம், சாற்கொழு, விதைப்பெட்டி, சால் தூர்ப்பி, விதை நிறுத்தும் அமைப்பு ஆகியவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. நிலச் சக்கரத்தின் சுற்றுப்புறத்தில் இரும்புக் குச்சிகள் 6 செ. மீ. நீளத்திற்கு வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். இது சக்கரம் மண்ணுள் புதையும்போது வழுக்கிக் கொண்டு சென்றுவிடாமல் இருக்கவும் ஒரே சீராகச்சுழலவும் பயன்படுகிறது. நிலச்சக்கரம் பற்சக்கரச் சங்கிலியினால் விதையிடும் உருளையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. விதையிடும் உருளை, வரி உருளை வகையைச் சேர்ந்தது. இது மரத்தால் ஆனது. விதையின் பருமனுக்குத் தகுந்தாற்போல், உருளையின் சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள குழியின், ஆழமும் அகலமும் மாறும். பயிருக்குத் தகுந்தாற்போல் உருளையை மாற்றிடவேண்டும். செடிக்குச் செடி இடைவெளியை மாற்ற, உருளையின் சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள குழியின் எண்ணிக்கையை மாற்ற வேண்டும்.

சால்கொழு, கொத்துக் கொழு வகையைச் சேர்ந்தது. கைப்பிடியைப் பிடித்து, விதைக் கருவியை முன்னால் தள்ளும்போது, நிலச்சக்கரங்கள் சுழலும் போது அவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள விதை உருளையும் சுழல்கிறது. அப்போது உருளையில்



படம் 2. ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி

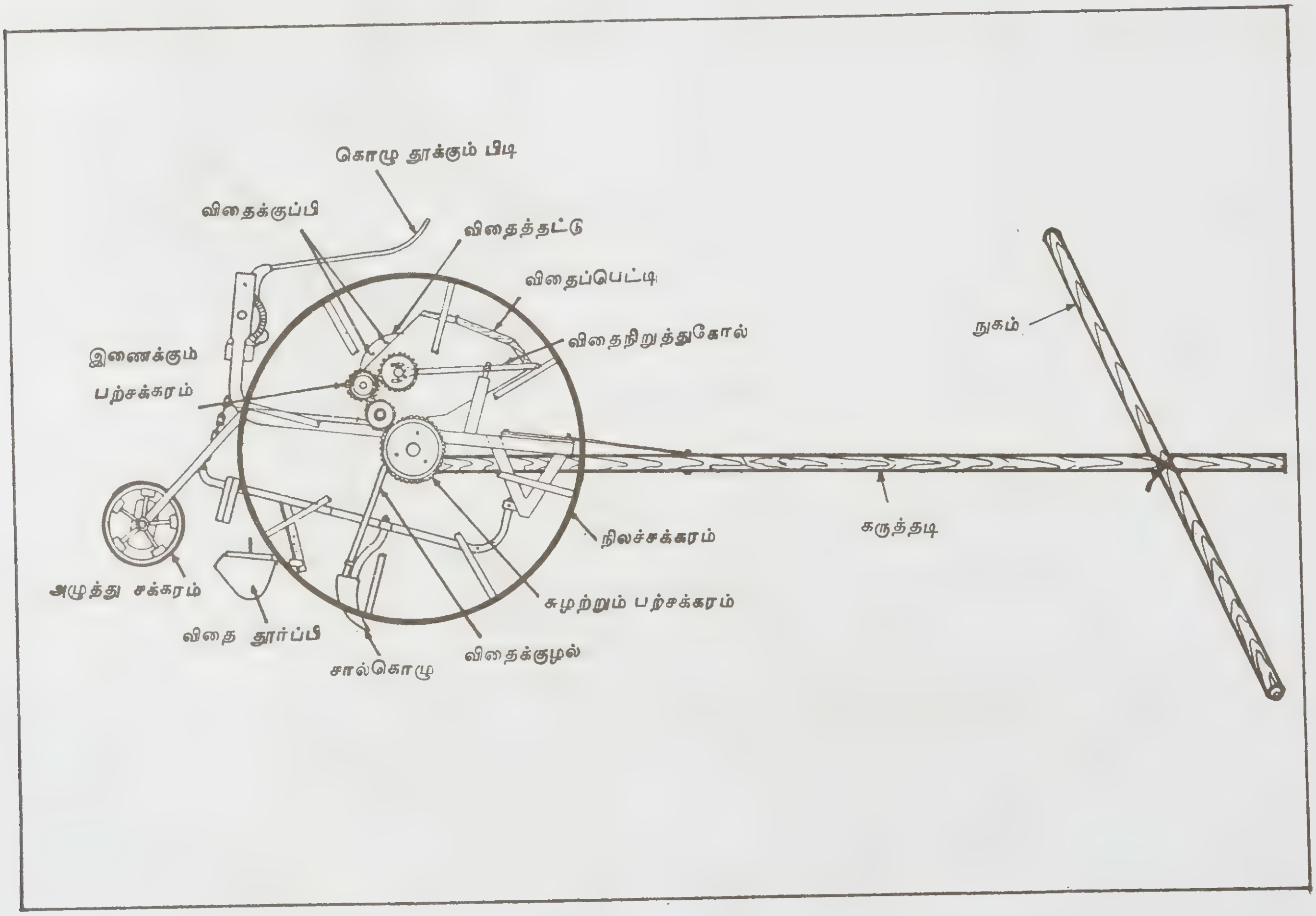
உள்ள குழியில், விதைகள் தங்கி, விதைப்பெட்டியின் கீழ்ப்புறத்தில் உள்ள விதைக் குழாயின் மூலமாகச் சால்கொழுவின் பின்புறத்தை அடைகின்றன. சாலில் விழுந்த விதைகளை, சால் தூர்ப்பி மறைக்கிறது. தேவையற்ற இடங்களில் விதை விழுவதைத்தடுத்திட விதை நிறுத்தும் அமைப்பு பயன்படுகிறது. இது ஒரு கவைக்கோல் போன்ற உறுப்பின் மூலம் நிலச் சக்கரத்தில் இருந்து விதை உருளையைத் தேவை யற்றபோது பிரித்து விடுகிறது. எனவே, விதை உருளை சுழல்வதில்லை.

மாடிழுக்கும் உமிழ் குப்பி விதைக்கருவி. இது மாடுகளால் இழுக்கப்படுகிறது. இதில் மூன்று அல்லது ஐந்து சால் கொழுக்கள் கொண்ட இரண்டு வகை உள்ளன.

நிலச்சக்கரம் இரும்புப் பட்டைகளால் ஆக்கப் பட்டுள்ளது. விதையிடும் அமைப்பு நிலச்சக்கரத் துடன் பற்சக்கரங்களினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. விதையிடும் அமைப்பு உமிழ்குப்பி வகையைச் சேர்ந்தது. ஒரு வட்டத் தகட்டின் சுற்றுப்புறத்தில், சிறு குப்பிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பு விதைப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

வட்டத்தகடு சுழலும்போது, விதைகள் குப்பி களால் எடுத்துச் செல்லப்படும். குப்பிகள் வட்டப் பாதையின் கீழ் நோக்கி வரும்போது, விதைகளை உமிழ்கின்றன. பின்னர் விதைகள் விதைக் குழலின் மூலமாகச் சால்கொழுவின் பின்புறத்தை அடை கின்றன. சால்கொழு 'கொத்துக்கொழு' வகையைச் சேர்ந்தது.

பண்ணையில் இருந்து கருவியை வயலுக்கு எடுத் துச் செல்லும்போதும், மற்ற தேவையற்ற நேரங் களிலும், சால் கொழுக்களை மேலே தூக்கிவிட ஓர் அமைப்பும் இதில் உள்ளது. வரிசைக்கு வரிசை இடை வெளியை மாற்றிட, சால்கொழுக்களை மாற்றிப் பொருத்த வேண்டும். இதற்கான வசதி முதன்மைச்



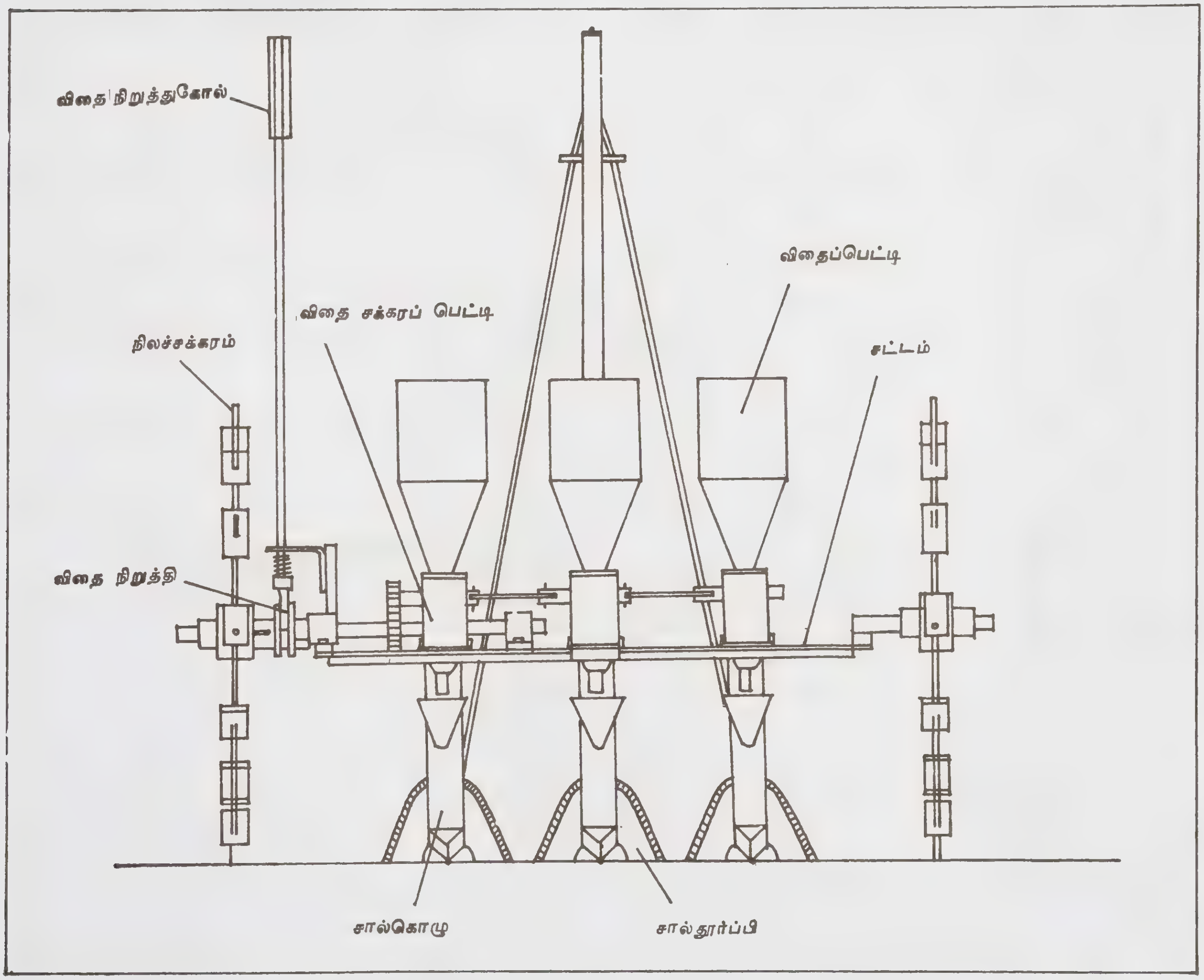
படம் 3. மாடிழுக்கும் உமிழ் குப்பி விதைக் கருவி
(பக்கவாட்டுத் தோற்றம்)

சட்டத்தில் செய்யப்பட்டுள்ளது. கருவி, கருத்தடியில் இணைக்கப்பட்டு நுகத்தடியினால் மாடு பூட்டப் படுகிறது.

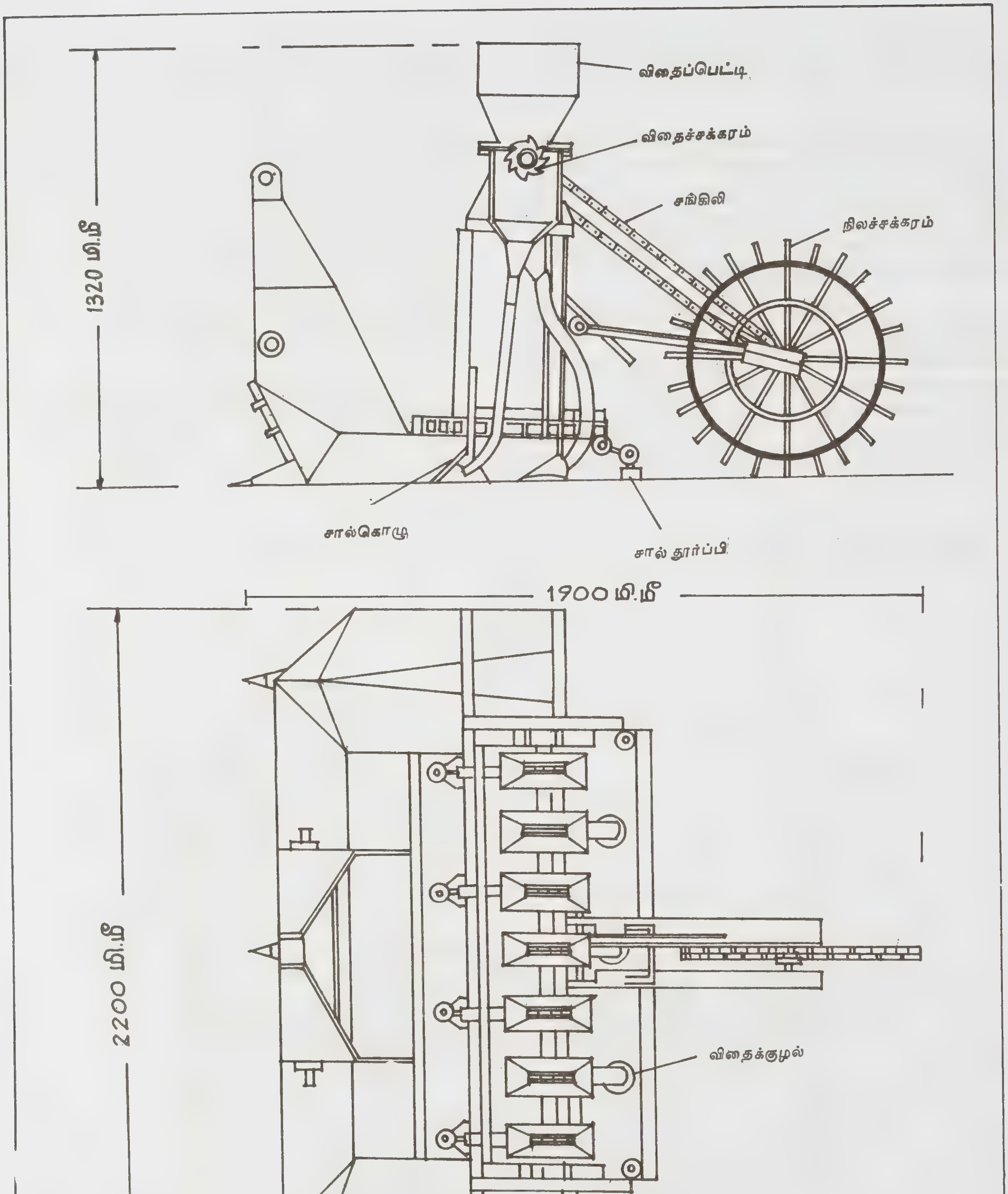
திருத்திய ஜோதி விதைக்கும் கருவி அல்லது கோவை விதைக்கும் கருவி. இக்கருவி ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி போன்றது. ஒற்றை வரிசைக்குப் பதிலாக மூன்று அல்லது ஐந்து வரிசையில் விதைப்பதற்கு ஏற்றவாறு சால்கொழுக்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இணை மாடுகளால் இக்கருவி இழுக்கப்படுகிறது.

நிலச்சக்கரம், விதை உருளைகளுடன் ஒரு பற் சக்கரத்தின் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. விதை உருளைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று துண்டு அச்சுகளினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. விதை உருளைகள் வலி உருளை வகையைச் சேர்ந்தவை. உருளையின் சுற்றுப் புறத்தில் 8 - 12 குழிகள் உள்ளன. ஒரு சமயத்தில், ஒரு குழியில் ஒரு விதை மட்டும் அமரும் வண்ணம் குழியின் ஆழமும், அகலமும் இருக்கும். பயிருக்குத் தகுந்தாற்போல் விதை உருளைகளை மாற்ற வேண் டும். ஒரு சமயத்தில் விதைப்பெட்டிகள் நான்கில் இருந்து ஐந்து கிலோ விதைகளைக் கொள்ளும். சால்கொழு 'இறக்கைக் கொழு' வகையைச் சேர்ந் தது. இக்கருவி, நிலக்கடலை மக்காச்சோளம் போன்ற பெரிய விதைகளுக்கு மிகவும் ஏற்றது. விதை உருளை கட்கும், விதைப்பெட்டிகட்கும் இடையில் உள்ள மிருதுவான இரப்பர்த் துண்டு விதைகள் உடையா மல் பாதுகாக்கிறது. இக்கருவியினால் ஒரு நாளில் 2½ ஏக்கர் விதைக்கலாம்.

ஏழு வரிசை உழுவுந்து விதைப்புக் கருவி. இக்கருவி உந்தினால் இயக்கப்படுகிறது. ஒரே சமயத்தில் ஏழு



படம் 4. திருத்தியஜோதி அல்லது கோவை விதைக்கும் கருவி



படம் 5. ஏழு வரிசை உழுவுந்து விதைக்கும் கருவி

வரிசைகளில் விதைக்கப் பயன்படுகிறது. இக்கருவி விதைகளை விதைக்கப் பயன்படுவதுடன், சால்மேடு அமைக்கவும் பயன்படுகிறது. சால் மேடு அமைக்கும் பகுதி, 22 மீட்டர் அகலத்திற்கு மேடு அமைக்கிறது. மேட்டின் இரண்டு பக்கத்திலும் 20 செ. மீ. அகலத்திற்கு 15 செ.மீ ஆழமுள்ள சால் உருவாக்கப்படுகிறது. மழை பெய்யும்போது மழைநீர் இச்சால்களில் தங்கி, மண்ணின் ஈரத்தைக் காக்கிறது. மேலும் நீரோட்டத்தின் வேகத்தைத் தடுப்பதால் மண் அரிமானத்தையும் குறைக்கிறது.

கருவியின் அமைப்பு மற்றும் இயங்கும் விதம் அனைத்தும் கோவை விதைக்கும் கருவி போன்றதே. மொத்தம் ஏழு வரிசைகளில், உழுவுந்தினால் விதைக்கப்படுவதால், ஒரு மணி நேரத்தில் ஒன்றில் இருந்து 1½ ஏக்கர்வரை விதைக்கலாம்.

காற்றழுத்த விதைப்புக் கருவி. இக்கருவியில், விதையிடும் அமைபபு காற்றழுத்தத்தினால் செயல்படுகிறது. விதைகள் விதைப்பெட்டியிலிருந்து உறிஞ்சப்பட்டு ஒவ்வொரு விதையாகக் கீழே சேர்கின்றன. பின்னர் உறிஞ்சப்பட்ட விதைகள் விதைக்குழலின் மூலம் நிலத்தை அடைகின்றன. விதைகளின் பருமனுக்குத் தகுந்தாற்போல் காற்றழுத்தம் வேறுபடும்.

நாற்று நடும் கருவி. பிலிப்பைன்ஸ் நாட்டில் உள்ள, நெல் ஆராய்ச்சி நிலையம், நெற்பயிர் நடும் கருவி ஒன்றை உருவாக்கி உள்ளது. இன்னும் அதிக அளவில் இது புழக்கத்தில் இல்லை.

-செ. தங்கவேலு

எந்திரம், வேளாண்மைப் பதப்படுத்தும்

வேளாண் தொழிலில் பல்வேறு எந்திரங்களும் கருவிகளும் பயன்படுகின்றன. இவற்றில் அறுவடைக்குப் பின் பல பணிகளுக்குப் பயன்படும் எந்திரங்கள் வேளாண்மைப் பதப்படுத்தும் எந்திரங்கள் (agricultural processing machines) எனப்படும்.

பல்வேறு வேளாண் பதப்படுத்தும் எந்திரங்களில் பின்வரும் எந்திரங்கள் மிகவும் பயனுள்ளவையாகக் கருதப்படுகின்றன; அவை, நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம், தானியங்கள் தூற்றும் எந்திரம், விதைகள் தரம் பிரிக்கும் எந்திரம், நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம், நிலக்கடலைத்தோல் உரிக்கும் எந்திரம், பருத்தி விதைப் பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம், மக்காச்சோளக்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம், சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் எந்திரம், தக்காளி விதை எடுக்கும் எந்திரம் எனப் பலவாகும்.

நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம். நெற்பயிரை அறுவடை செய்த பின்னர் கதிர் அடிக்கும் எந்திரங்களின் (grain-threshers) உதவியைக் கொண்டு நெல் மணிகளை வைக்கோலிலிருந்து எளிதாகப் பிரித்தெடுத்துவிடலாம். சோளம், கம்பு, ராகி, கோதுமை போன்ற பிற பயிர் வகைகளைக் கதிர் அடிப்பதற்கும் இந்த எந்திரம் பயன்படும். மின்னோடியைக் கொண்டு இதனை இயக்கலாம். மின் திறன் இல்லாத இடங்களில் இழுஎந்திரம் (tractor), திறன் ஊட்டிய களரி (power tiller), எண்ணெய்ப் பொறி முதலியவற்றைக் கொண்டும் இயக்கலாம்.

கதிர் அடிக்கும் எந்திரங்கள் கோவையில் உள்ள தமிழ்நாடு வேளாண்மைப் பல்கலைக்கழகத்திலும் சில தனியார் நிறுவனங்களிலும் வடிவமைக்கப்பட்டு விற்பனைக்கு வந்துள்ளன. ஓர் இடத்திலிருந்து இன்னோர் இடத்திற்கு எளிதாக எடுத்துச் செல்வதற்குத் தகுந்தவாறு இந்த எந்திரங்கள் காற்றுச் சக்கரங்களின் (pneumatic wheels) மேல் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த எந்திரத்தின் பெரும்பான்மையான பகுதிகள் மரத்தால் ஆனவை என்பதால் இதனைச் செய்வதும் எளிது.

இந்த எந்திரத்தில் சுழலும் உருளை ஒன்று மின்னோடியால் நிமிடம் ஒன்றுக்கு சுமார் 900 சுற்று வேகத்தில் சுழற்றப்படுகிறது. எந்திரத்தின் வாய்ப் பகுதியில் அரிகளை அல்லது தாள்களைத் தொடர்ச்சியாகவும் ஒரே சீராகவும் கொடுக்கும்போது கதிர்கள் சுழலும் உருளையின் புறப்பரப்பில் மோதுகின்றன. அப்போது கூல மணிகள் தாள்களிலிருந்து பிரிக்கப்படுகின்றன. காற்றூதியிலிருந்து வரும் காற்று, பதர் மற்றும் இலேசான கழிவுகளைக் கூலங்களிலிருந்து பிரிக்கிறது. வைக்கோல் வெளியேற்றி வழியாக வெளித்தள்ளப்படுகிறது. கூலமணிகள் அசையும் சல்லடைகளில் (osciilating sieves) சலிக்கப்பட்டுத் திறப்பு ஒன்றின் வழியாகத் திரட்டப்படுகின்றன.

சுழலும் உருளையின் கீழ் குழிவான சல்லடை பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. கதிர் அடிக்கும் பயிர் வகைகளுக்குத் தகுந்தவாறு உருளைக்கும் குழிந்த சல்லடைக்கும் நடுவில் உள்ள இடைவெளியை அதிகப்படுத்தியோ குறைத்தோ வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதற்கான அமைப்புகள் இந்த எந்திரத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி எந்திரத்தின் திறனைப் பொறுத்து ஒரு மணி நேரத்திற்கு 1000-2000 கிலோ நெல் மணிகள் வரை கதிர் அடிக்கலாம். இந்த எந்திரத்தைப் பயன்படுத்துவதால் அடிக்க ஆகும் செலவு குறைவாகவே உள்ளது. எந்திரத்தால் கதிரடிக்கும்போது 98% வரை கூலங்கள் தாள்களிலிருந்து பிரிந்து விடுவதால் போரடிக்கும் வேலையும் மிச்சமாகும். அதற்கான செலவும் மிச்சமாகும். மழைக் காலங்களில் கதிரடிக்கும் வேலை

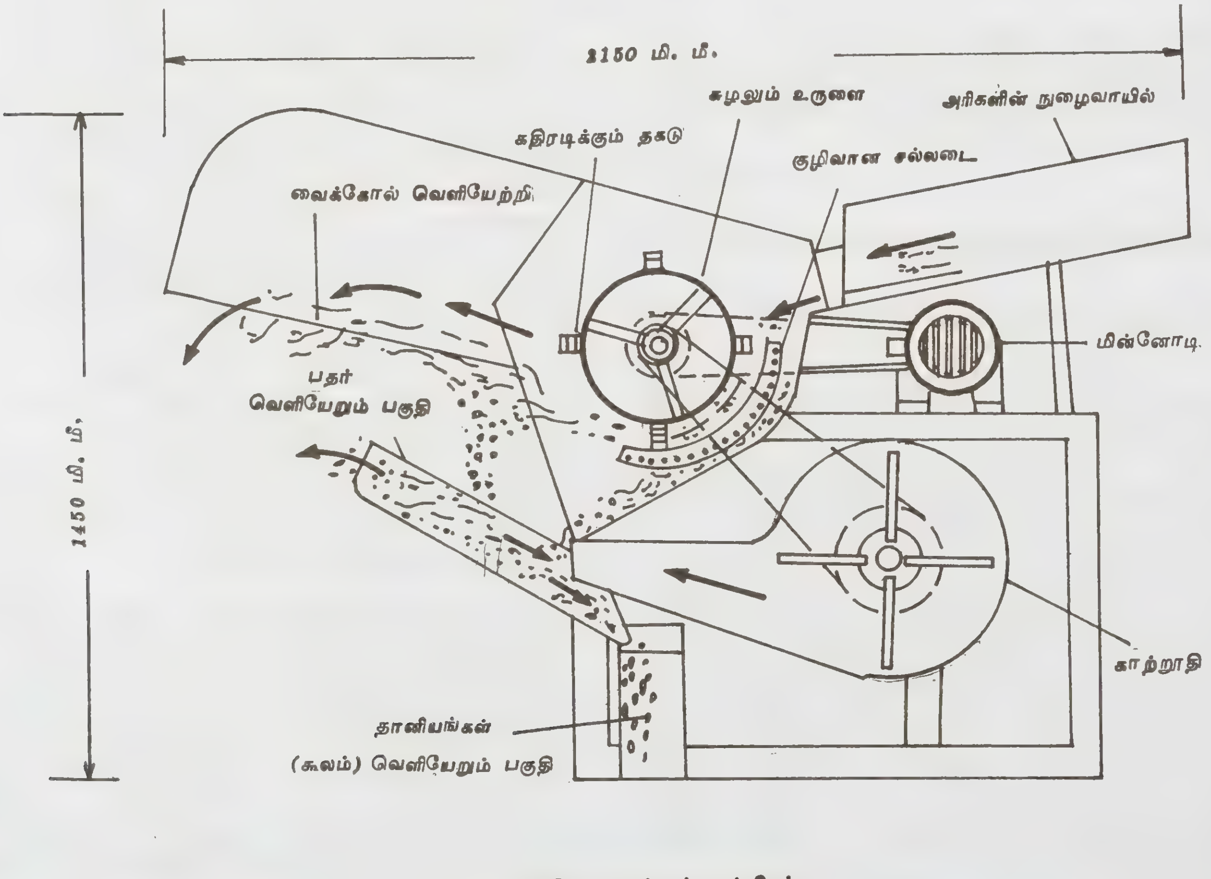
எளிதாகிறது. கூலமணிகளைத் தூய்மைப்படுத்த இயற்கைக் காற்றை நம்பியிருத்தல் தவிர்க்கப்படுகிறது. பல பகுதிகளில்இந்த எந்திரங்கள் வாடகைக்கும் விடப்படுகின்றன.

கூலம் (தானியங்கள்) தூற்றும் எந்திரம். பயிர்களைக் கதிர் அடித்த பின்னர் தானிய மணிகளுடன் கலந்துள்ள வைக்கோல் துண்டுகள், தூசி, பதர் போன்றவற்றை நீக்கித் தூற்றுவதற்குக் கூலம் (தானியங்கள்) தூற்றும் எந்திரம் பயன்படுகிறது. நாள் ஒன்றுக்கு 5 டன் (5000 கிலோ) கூலங்கள் வரைஇந்த எந்திரத்தில் தூற்றலாம். மின்னோடியால் சுழற்றப்படும் காற்றாடியின் முன்னும் கூலங்களைத் தூற்றலாம். தூற்றுவதற்குத் தேவையான இயற்கையான காற்று இல்லாத போது இந்த எந்திரங்கள் பெரிதும் பயன்படும்.

கதிர் அடித்த கூலங்களை இந்த எந்திரத்தினுள் கொட்டும்போது, காற்றூதி கூலமணிகளிலிருந்து பதர் போன்றவற்றைப் பிரித்து வெளியே தள்ளி விடும். தூற்றப்பட்ட கூலங்கள் தனியே வந்து விடும்.

கூலம் (தானியங்கள்) தரம்பிரிக்கும் எந்திரம். பயிர்களை அறுவடை செய்து கதிர் அடித்துத் தூற்றி முடித்த பின்னர் கூலங்களைத் தரம் பிரித்தால்தான் விதைக்கென்று தானியங்களைத் தேர்வு செய்ய இயலும். மேலும் தரம் பிரிக்கப்பட்ட கூலங்களையே அதிக விலைக்கு விற்க முடியும். நிலக்கடலையை எந்திரத்தில் உடைப்பதற்கு முன் அதனைத் தரம் பிரிப்பது அவசியம். அதாவது நிலக்கடலைகள் ஒரே சீரான பருமன் உள்ளவையாக இருந்தால்தான் உடைபடும் திறன் அதிகமாகும். விதைகள் பிளவுபட்டு வீணாவதும் குறையும். கூலம் தரம் பிரிக்கும் எந்திரம் இப்பணியைச் செய்கிறது. நெல், கம்பு, சோளம், சூரியகாந்தி, நிலக்கடலை, பருப்பு வகைகள் முதலான பொருள்களைத் தரம் பிரிப்பதற்கு இந்த எந்திரம் பயன்படுகிறது. ஒவ்வொரு பொருள் வகைக்கும் தக்கவாறு எந்திரத்தின் சல்லடைகளை மாற்ற வேண்டும்.

தானியங்கள் தரம் பிரிக்கும் எந்திரத்தில் மூன்று சல்லடைகள் ஒன்றன் கீழ் ஒன்றாக வேறுபட்ட சரிவுகளுடன் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. சல்லடைக் கண்கள் அடைத்துக் கொள்ளாமல் இருக்கச் சல்லடைகளின் கீழ்ப்புறம் நைலான் தூரிகைகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த எந்திரத்தைக் கொண்டு

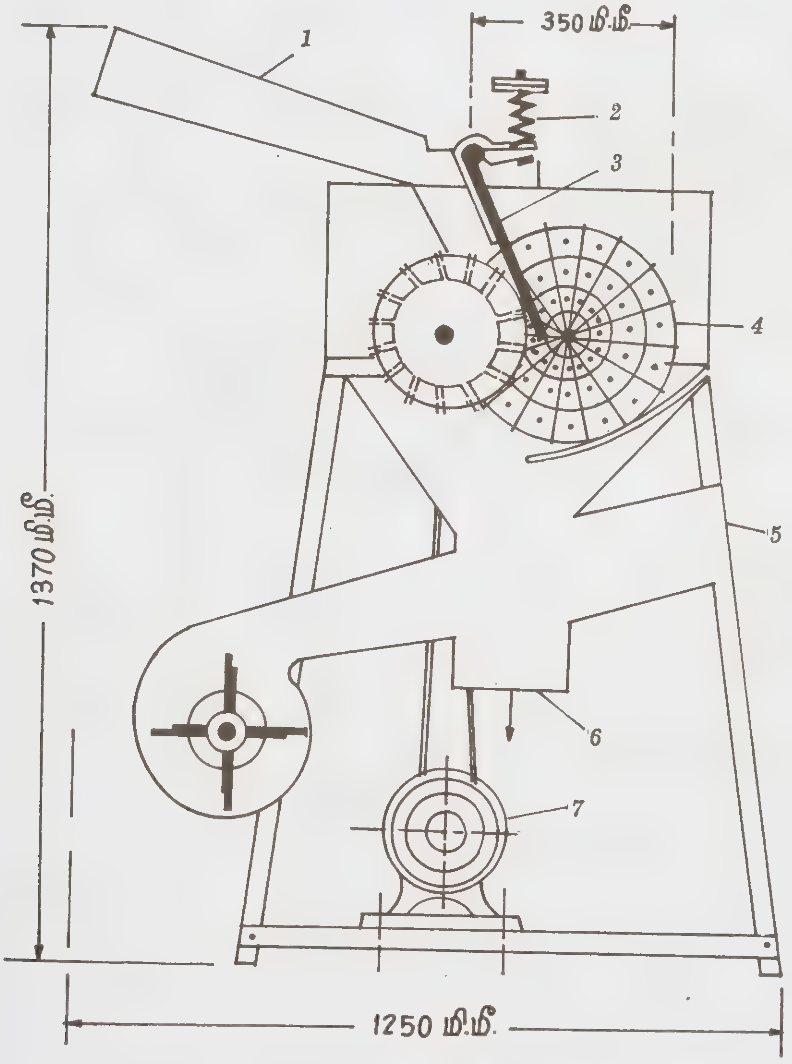


படம் 1. கதிர் அடிக்கும் எந்திரம்

தானியங்களை அவற்றின் பருமனுக்குத் தக்கவாறு மூன்று தரங்களாகப் பிரிக்கலாம். ஒரு மணி நேரத்திற்கு 300 கிலோ தானியங்களை இந்த எந்திரத்தில் தரம் பிரிக்கலாம்.

மக்காச்சோளக் கதிர் அடிக்கும் எந்திரம். மக்காச்சோளக் கதிர்களைச் செடிகளிலிருந்து பறித்து, அவற்றை மூடி இருக்கும் உறைகளை நீக்கிய பின்னர் கதிர்களிலிருந்து மணிகளைப் பிரித்தெடுப்பதற்கு உதவும் எந்திரங்கள் கோவையில் உள்ள தமிழ்நாடு வேளாண்மைப் பல்கலைக்கழகத்தில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரே சமயத்தில் உறைகளை நீக்கவும் மணிகளைக் கதிர்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கவும் எந்திரங்கள் உள்ளன.

மக்களாச்சோளக்கதிர் அடிக்கும் எந்திரத்தில் இரு சுழலும் தட்டுகள் மின்னோடியைக் கொண்டு இயக்கப்படுகின்றன. சுழலும் தட்டுகளின் ஒரு பக்கத்தில் பருக்குகள் (projections) நிறைந்திருக்கும். இத்தட்டுகள் சுழலும் போது அவற்றின் நடுவில் உள்ள இடைவெளி வழியாகச் செல்லும் மக்காச்சோளக்கதிர்கள் அழுத்தமாகத் தேய்க்கப்பட்டு மக்காச்சோள மணிகள் கதிர்களிலிருந்து பறிக்கப்பட்டு, மையவிலக்கு விசையால் வெறும் கதிர்கள் வெளியே எறியப்படும். மின்னோடியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள காற்றூதியால் மக்காச்சோள மணிகள் தூற்றப்படும். இந்த எந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு மணி நேரத்திற்கு 300 கிலோ மக்காச்சோளமணிகள் பெறலாம்.



படம் 2. மக்காச்சோளக் கதிர் அடிக்கும் எந்திரம்

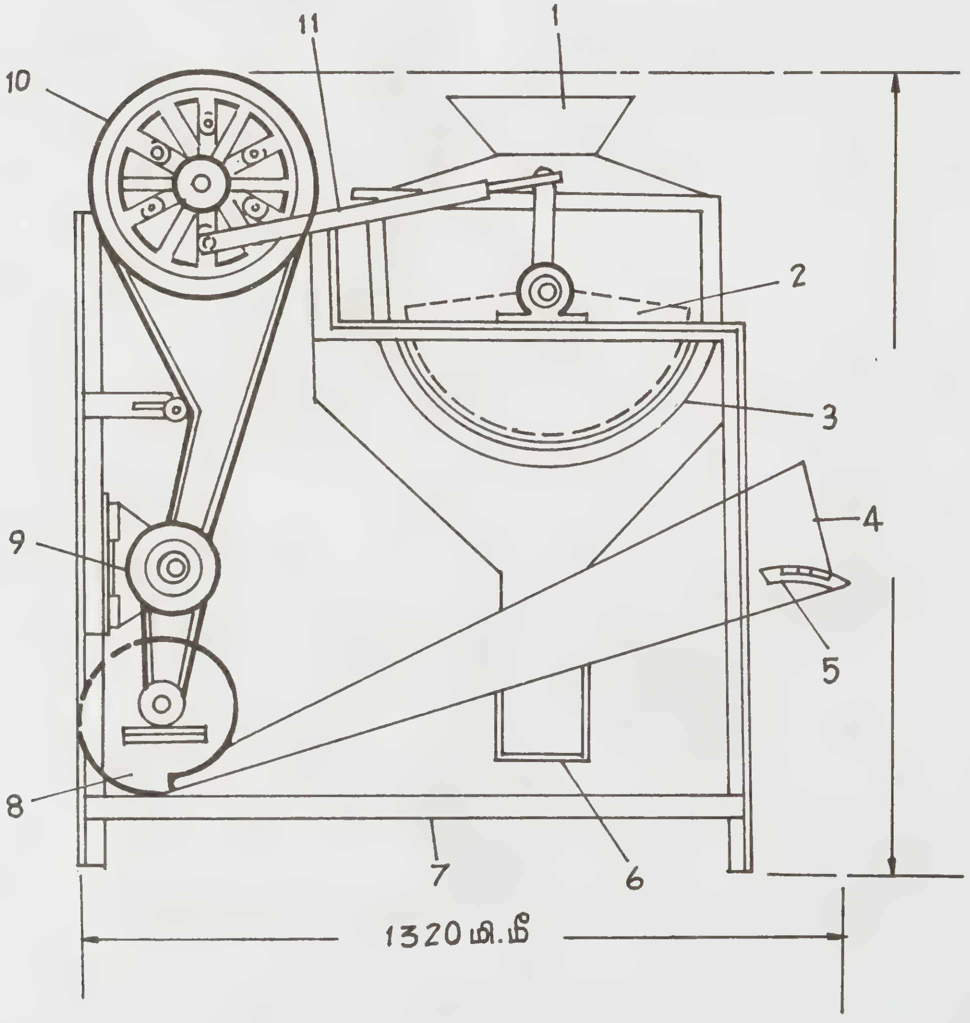
1. மக்காச்சோளம் போடும் பகுதி 2. அழுத்தும் வட்டச்சுருள் 3. கதிர் மணிகள் உதிரும் பகுதி 4. சுழலும் தட்டு 5. சோளத்தக்கை வெளியேறும் பகுதி 6. சோள மணிகள் வெளிவரும்பகுதி 7. மின்னோடி 8. காற்றூதி 9. 'V' வடிவ-வார் 10. திசை திருப்பும் சக்கரம்.

நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம். நிலக்கடலைச் செடிகளை நிலத்திலிருந்து பிடுங்கிய பின்னர் கடலைக்காய்களைச் செடிகளிலிருந்து கையால் பறித்தெடுப்பதுதான் நமது நாட்டு வழக்கம். இந்த வேலையை நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம் எளிதாக்குகிறது.

நிலக்கடலைச் செடிகளின் நுனிப்பகுதியைப் பிடித்துக்கொண்டு, கடலைக்காய்கள் உள்ள வேர்ப் பாகத்தை எந்திரத்தில் உள்ள சுழலும் உருளையின் புறப்பரப்பில் படும்படிப் பிடிக்க வேண்டும். நிலக் கடலைக் காய்களைச் சுழலும் உருளையில் உள்ள ஆணிகள் செடிகளிலிருந்து சீவும் முறையில் பிரிக்கின்றன. காய்கள் பிரிந்தவுடன் செடிகள் வெளியில் வீசப்படுகின்றன. சுழலும் உருளையைக் கையால் சுழற்றும்படியான எந்திரங்களும், மின்னோடியால் சுழற்றும்படியான எந்திரங்களும் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஓர் ஆளின் உதவிகொண்டு இந்த எந்திரத்தால் ஒரு நாளில் 100 கிலோ கடலைக்காய்களைப் பறிக்கலாம்.

மின்ஓடியால் இயக்கப்படும் எந்திரத்தில் பறித்த கடலைக்காய்களைத் தூற்றுவதற்கென்று காற்றூதி இருக்கிறது. இதனைப் பயன்படுத்தி ஒருமணி நேரத்திலேயே 100கிலோ கடலைக் காய்களைப் பறிக்கலாம்.

நிலக்கடலைத் தோல் உரிக்கும் எந்திரம். நிலக்கடலைக்காய்களைச் செடிகளிலிருந்து பறித்த பின்னர்



படம் 3. நிலக்கடலைத் தோல் உரிக்கும் எந்திரம்

1. கடலைக் காய்களைப் போடும் பகுதி 2. அசையும்அரைவட்டப்பகுதி 3. குழிந்த சல்லடை 4. தோல் வெளியேறும் வழி 5. காற்றுப் பெட்டி 6. கடலைப்பருப்பு வெளியேறும் பகுதி7. சட்டம் 8. காற்றூதி 9. மின்னோடி 10. விசைச்சக்கரம் 11. இணைப்புக் கோல்.

அவற்றை உடைத்துப் பருப்பைப் பிரித்தெடுப்பதற்கு நிலக்கடலைத்தோல் உரிக்கும் எந்திரம் பயன்படுகிறது. இந்த எந்திரம் கையால் இயக்கப்படும் வகையிலும் மின்னோடியால் இயக்கப்படும் வகையிலும் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

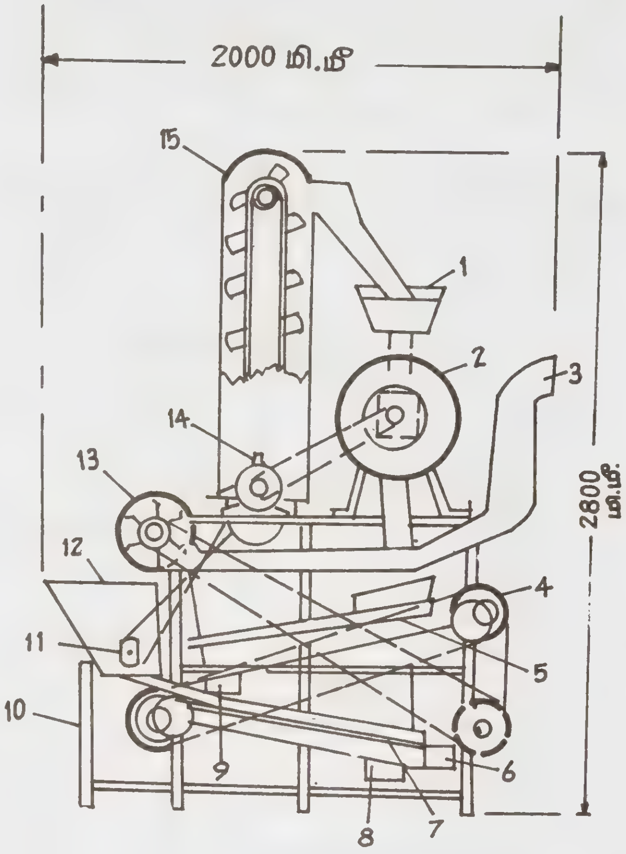
நிலக்கடலைத்தோல் உரிக்கும் எந்திரத்தில் உள்ள சல்லடையின் மேல் உள்ள அரைவட்ட வடிவத் தகட்டின் கீழ்ப்புறத்தில் முளைகள் போன்ற அமைப்புகள் பதிக்கப்பட்டுள்ளன. செடிகளிருந்து பறித்த நிலக்கடலைக் காய்களை வலைச்சல்லடையில் போட்டு அரைவட்டத் தகட்டை முன்னும் பின்னும் அசைக்கத் தகட்டிற்கும், சல்லடைக்கும் இடையே உள்ள இடைவெளியில் கடலைக் காய்கள் நசுக்கப்படுகின்றன. அப்போது காய்கள் உடைந்து பருப்பும் தோலும் சல்லடைக் கண்களின் வழியாகக் கீழே விழுந்துவிடும். தூற்றிய பிறகு பருப்பைத் தனியே பிரித்தெடுத்து விடலாம். இருவர் இந்த எந்திரத்தை இயக்க, ஒருவர் உதவி செய்ய, நாள் ஒன்றுக்கு ஒரு டன் நிலக்கடலைக் காய்களை உடைக்கலாம்.

மின்னோடியால் இயக்கப்படும் எந்திரத்தில் அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள காற்றூதி, பருப்பையும் தோலையும் தூற்றித் தனித்தனியேபிரித்து விடுகிறது. இதில் நாள் ஒன்றுக்கு 3 டன் நிலக்கடலைக் காய்களை உடைக்கலாம்.

சாதாரண முறையில் ஆள்களைக்கொண்டு கடலைக் காய்களை உடைக்கையில் ஒருநாளில் ஓர் ஆள் சுமார் 10-12 கிலோதான் உடைக்க இயலும். இந்த முறையில் ஒருகிலோ காய்களை உடைக்க ஆகும் செலவு மிகவும் குறைவு. ஆகையால் இக்கருவி மிகவும் பயனுடைய கருவியாகும்.

சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் எந்திரம். சூரியகாந்தி விதைகளிலிந்து எடுக்கப்படும் எண்ணெய் சமையலுக்குப் பயன்படுகிறது. தோல்நீக்கிய விதைகள் முழுவிதைகளைவிடச் சுமார் 7% அதிக எண்ணெய் கொடுக்கின்றன. மேலும் தோல் நீக்கிய விதைகளிலிருந்து எடுக்கப்படும் எண்ணெய் மற்றும் பிண்ணாக்கின் தரமும் உயர்ந்தது. ஆகவே சூரியகாந்தி விதைத் தோல் நீக்கும் எந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி விதைகளின் மேல் தோலை நீக்குவது சாலச்சிறந்தது.

சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் எந்திரம் மின்னோடி, அதிவேகச் சுழல் தட்டு, காற்றூதிச் சல்லடைகள், விதை உயர்த்தும் வாளிகள் முதலான பகுதிகளைக் கொண்டது. சூரியகாந்தி விதைகள் இந்த எந்திரத்தின் கொள்வாய்ப் பகுதியில் (seed hopper) கொட்டப்பட்டவுடன் சல்லடைகளால் சலிக்கப்பட்டு, விதைகளில் உள்ள அசுத்தங்கள் காற்றூதியால் நீக்கப்படுகின்றன. பின்பு விதைகள் உயர்த்தும் வாளிகளின் மூலம் சுழலும் தட்டுகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. விதைகள் ரப்பரால் ஆன தட்டின் மேற்பரப்பில் மோதும்போது விதைகளின் மேல் தோல் நீக்கப்படுகிறது.



படம் 4. சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் கருவி

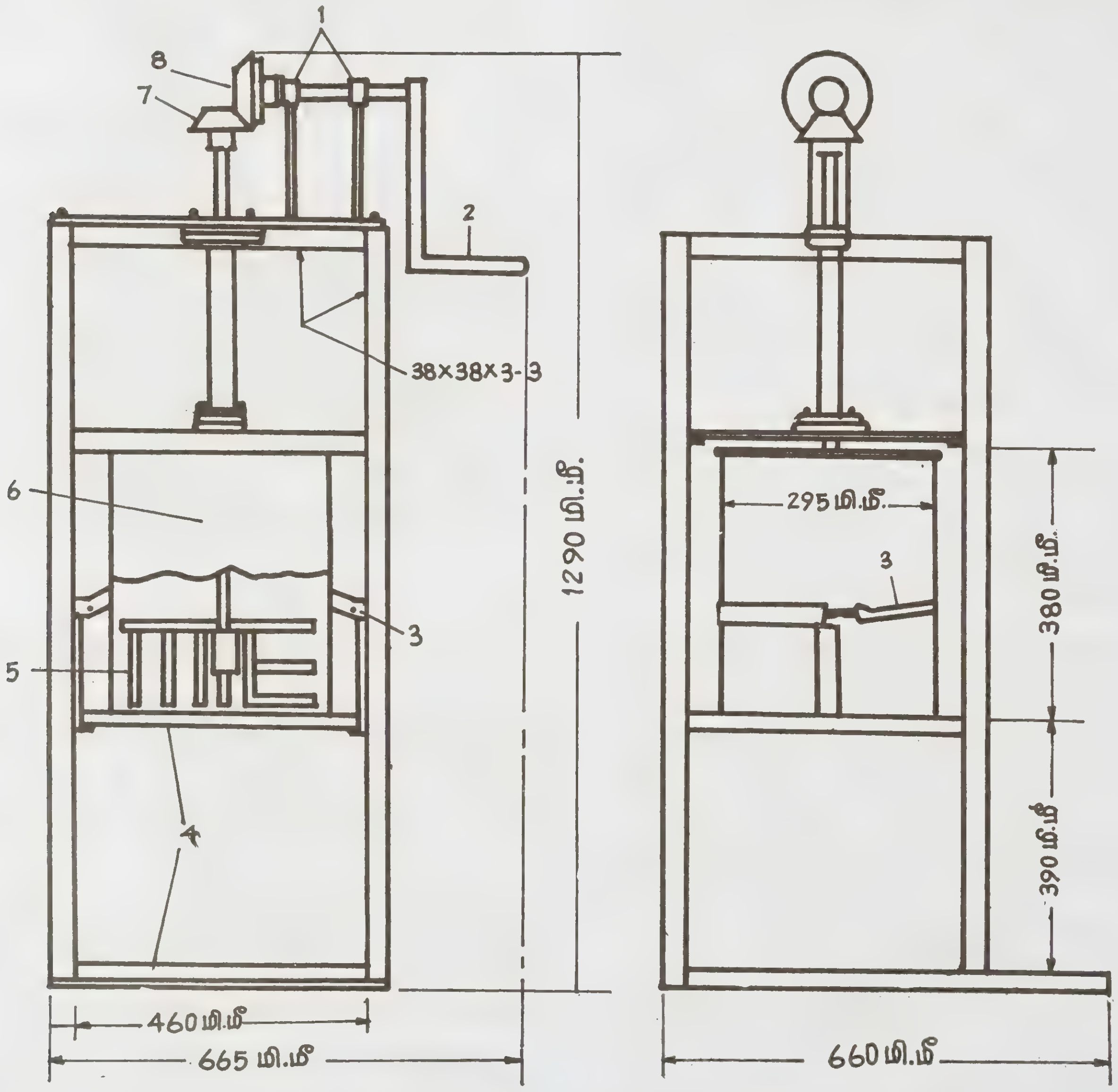
1. கொள்வாய் 2. கழலும் தட்டு 3. தோல் வெளியேறும் வழி 4. விசைச் சக்கரம் 5. சல்லடை (சிறியது) 6. முதல் தர விதைவழி 7. சல்லடை (பெரியது) 8. இரண்டாம் தர விதைவழி 9. தோல் நீங்கிய விதை வழி 10. சட்டம் 11. விதை தள்ளும் உருளை 12. வாய்ப்பகுதி 13. காற்றூதி 14. மின்னோடி 15. உயர்த்தும் வாளிகள்.

மூன்றுகுதிரைத் திறன் கொண்ட மின்னோடியால் இயக்கப்படும் இந்த எந்திரம் ஒரு மணி நேரத்தில் 100 கிலோ சூரியகாந்தி விதைகளைத் தோல் நீக்க வல்லது. இது வேலை செய்யும்போது இரு பணியாள் மட்டும் இருந்தால் போதும்.

தக்காளி விதை எடுக்கும் எந்திரம். தக்காளி உற்பத்தி அதிகமாக உள்ள சமயம் விவசாயிகள் தக்காளியாக விற்றால் நல்ல விலை கிடைப்பதில்லை. அச்சமயம் தக்காளியிலிருந்து விதைகளை எடுத்து விதை உற்பத்தி செய்தால் தக்காளியாக விற்பதைவிட அதிக லாபம் பெற வாய்ப்புள்ளது.

மின்திறன் இல்லா இடங்களிலும், ஆள்கூலி குறைவாக உள்ள இடங்களிலும், இந்த எந்திரத்தைக் கையால் சுழற்றி இயக்கலாம். மின்திறன் இருக்கும் இடங்களில் மின்னோடியைக் கொண்டு இயங்கும்படியும் செய்யலாம். துருப்பிடிக்காத எஃகினால் இந்த எந்திரத்தின் பகுதிகள் செய்யப்பட்டால் பழச்சாறு முதலான பழப்பொருள்களைத் தயாரிக்கவும் இதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

தக்காளி விதை எடுக்கும் எந்திரம் ஒன்றன் கீழ் ஒன்றாக அமைந்த மூன்று அறைகளைக் கொண்டது. இந்த அறைகள் சல்லடைகளால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் அறையில் தக்காளிப் பழங்களைப் போடும்போது தண்ணீர் பழங்களுடன் கலக்க உதவும் அமைப்புகள் இந்த எந்திரத்துடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கலக்கியின் உதவியால் பழங்கள் நசுக்கப்படும்போது பழக்கூழ் மற்றும் விதைகள் முதல் அறையின் சல்லடை வழியே இரண்டாம் அறையில் விழுந்து விடும். பழத்தோல் முதல் அறையில் உள்ள திறப்பு ஒன்றிலிருந்து வெளியேறிவிடும். இரண்டாம் அறையின் திறப்பிலிருந்து விதைகள் திரட்டப்படும். பழக்கூழ் இரண்டாம் அறைச்சல்லடை



படம் 5. பருத்தி விதைப் பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம்

1. உயவு சாதனம் 2. கலக்கியை இயக்கும் கைப்பிடி 3. தொட்டியைத் தூக்கும் சங்கிலி 4. மரப்பலகைகள் 5. கலக்கி 6. தொட்டி 7, 8. பற்சக்கரங்கள்.

வழியே கீழே விழுந்து மூன்றாம் அறையின் திறப்பு வழியாக வெளியேறிவிடும். விதைகளை எடுத்து நிழலில் உலர வைத்த பின்னர் விதைப்புக் காகப் பயன்படுத்தலாம்.

பருத்தி விதைப் பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம். பருத்தி விதைகளை விதைக்கும் முன்னர் விதைகளின் மேல் உள்ள பஞ்சு நீக்கப்பட வேண்டும். பருத்தி விதை யில் பஞ்சு நீக்கப்பட்டால் தான் விதைகளை எளிதில் விதைக்க இயலும். மேலும் விதைக்கும் கருவிகளை யும் பயன்படுத்த முடியும். பஞ்சு நீக்கப்படும் போது முற்றாத விதைகளும், வீரியக் குறைவான விதைகளும் பிரிக்கப்படுகின்றன. இதனால் தரமான விதை உற்பத்தி செய்ய முடிகிறது.

இந்த எந்திரம் துருப்பிடிக்காத எஃகினால் ஆன உருள்கலனால் (drum) ஆனது. ஏறக்குறைய 5 கிலோ பஞ்சுள்ள பருத்தி விதைகளை இக்கலனில் உள்ளே போட்டு, அரை லிட்டர் கந்தக அமிலத்தைக் கலத்தின் உட்சுவர் வழியாக ஊற்றிக் கலக்கியைச் சுழற்றி நன்றாகக் கலக்க வேண்டும். இப்போது தொட்டிக்குள் தண்ணீரை ஊற்றி விதைகளை மூன்று நான்கு முறை கழுவ வேண்டும். கந்தக அமி லம் முற்றிலும் நீங்கிய பின் விதைகளை வெளியே எடுத்து உலர வைத்த பின்னர் விதைப்புக்குப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

- இரா. கருணாநிதி

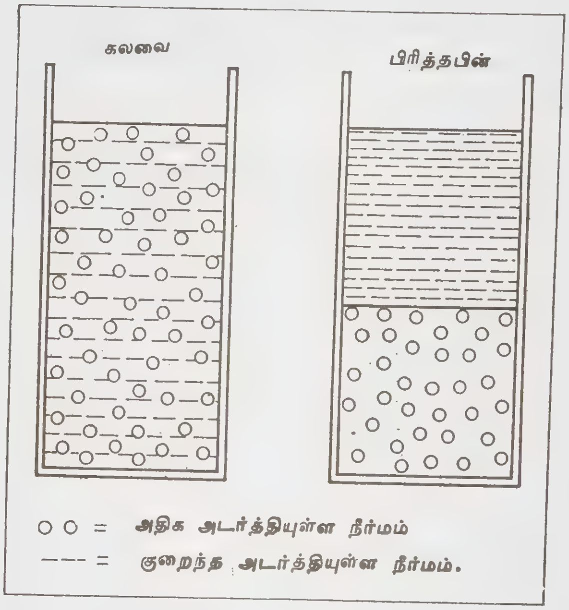
எந்திர முறைப்பிரிப்பு

ஒன்றாகக் கலந்திருக்கும் ஒரு கலவையிலிருந்து அதன் வெவ்வேறு பகுதிகளைத் தனித்தனியாகப் பிரித் தெடுத்தல் எந்திரமுறைப்பிரிப்பு எனப்படுகிறது. இம்முறையில் ஒரு நீர்மத்தில் கலந்திருக்கும் மற்று மொரு நீர்மத்தையோ, திண்மப்பொருளையோ பிரித் தெடுக்க முடியும்.

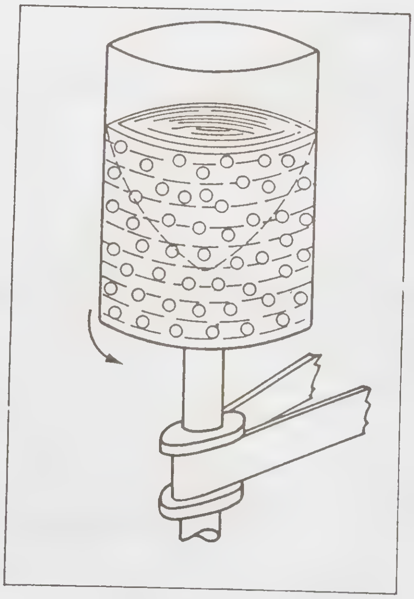
ஒரே தன்மையுள்ள கலவை அல்லது கரைசலி லிருந்து அதன் வெவ்வேறு பகுதிகள் ஆவியாக்கல், குளிர்வித்தல், வீழ்படிவு ஊடுருவல் போன்ற முறை களால் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. எந்திரமுறைப் பிரிப்பு இம்முறையிலிருந்து மாறுபட்டு, வேறுபட்ட தன்மையுள்ள பொருள்களின் கலவைப்பிரிப்புக்கே அதிகம் பயன்படுகிறது.

இம்முறையில் 0.1×10^{-6} செ.மீ. அளவுள்ள மிகச்சிறிய தாதுத்துகளிலிருந்து மிகப்பெரிய அளவு உள்ள பெரும்பாறைகள் வரை பல்வேறு அளவுள்ள பொருள்கள் பிரிக்கப்படுகின்றன. இம்முறையினால் ஏதேனும் ஒரு வளிமக்கூட்டத்திலிருந்து நீர்த்திவலை களைப் பிரிக்கலாம்; அளவு முறைப்படி அல்லது வேதியியல் விகிதமுறைப்படி பொருள்களின் கலவை யைப் பிரிக்கலாம்; நீர்மத்தில் மிதக்கும் திண்மப் பொருள்களைப் பிரிக்கலாம்.

தாதுவைத் தூய்மைப்படுத்தும்போது தேவையற்ற பகுதியைப் பயன்படு தாதுப் பகுதியிலிருந்து பிரித்தல்,



படம் 1. புவிஈர்ப்புத் தெளிவிப்பான்



படம் 2. மையவிலக்கு விசைத் தெளிவிப்பான்

சல்ஃப்யூரிக் அமிலத் தயாரிப்பில் அமிலத்துகள்களை வீழ்படிவு முறையில் பிரித்தல், காற்றிலிருந்து தூசியை அகற்றல், கலவையிலிருந்து கல்லையும், மண்ணையும் தனித்தனியே பிரித்தல் போன்றவை எந்திரமுறைப் பிரிப்புக்கான எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

அளவு, அடர்த்தி, வடிவம்; மின்தன்மைகள், நனையுந்தன்மை, மின்காந்தத் தன்மை போன்ற இயற்பியல் தன்மைகளில் உள்ள வேறுபாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு பிரிப்பு நிகழ்த்தப்படுகிறது.

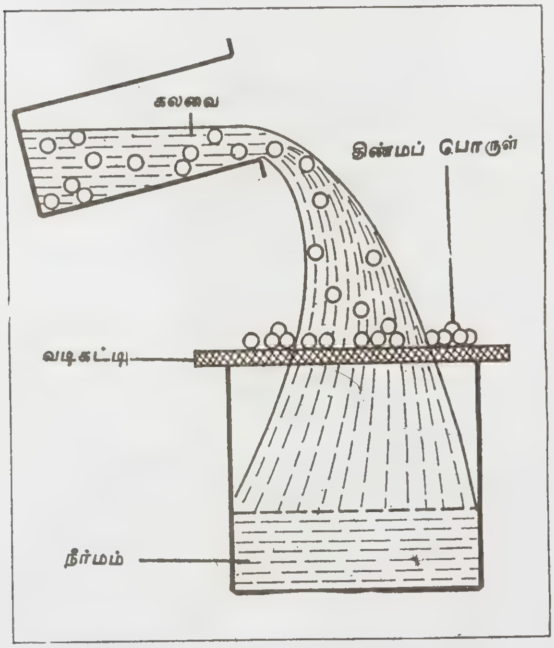
பொதுவாக இம்முறைகளில் ஏதேனும் ஒரு பொருளைத் தக்க வைத்துக் கொண்டு மற்றவற்றை மறுபுறம் செல்ல வகைசெய்யும் சல்லடை, வடிகட்டும் துணி இவற்றில் ஏதேனும் ஒரு இழைப்பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சில முறைகளில் மின் அல்லது மின்காந்தத் தன்மைகளில் கலவையின் பொருள்கள் வேறுபடும்போது அந்த வேறுபாட்டைப் பயன்படுத்தி பிரிக்கலாம். புவிஈர்ப்புத் தெளிவிப்பான் புவி ஈர்ப்பு விசையின் அடிப்படையில் செயல் படுகிறது. இருவேறு கனமுள்ள நீர்மங்கள் கலந்தால் அதிக அடர்த்தியுள்ள நீர்மம் கீழே படிந்து ஏனையது மேலே மிதக்கத் துவங்கும். இந்த அடிப்படையில் நீர்மங்களைப் பிரிக்கலாம். மிதக்கவைத்துப் பிரித்தல் எனும் முறையில் பல திண்மப் பொருள்கள் மிதக்கும் நீர்மத்தின் ஊடே காற்றுச் செலுத்தப்படுகிறது. திண்மப் பொருள்களில் ஏதேனும் ஒருவகைப் பொருள் மட்டும் காற்றுக் குமிழிகளை ஈர்த்துக் கொள்கிறது, இதனால் தொகை அடர்த்தி குறைவதால் புவிஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக மற்ற பொருள்களைவிட அது மேலே மிதக்கத் துவங்குகிறது. அதை எளிதில் பிரிக்கலாம்.

மைய விலக்குவிசைத் தெளிவிப்பான்கள் உருளை வடிவில் இருக்கின்றன கலவையை உட்செலுத்திய பின் உருளை வேகமாக அதன் அச்சில் சுழற்றப்படுகிறது. மையத்திலிருந்து விலக்கும் விசையின் காரணமாக ஒரு நீர்மம் உருளையின் சுவர்ப்புறமாக மேல் நோக்கி எழத்தொடங்குகிறது; மற்றது மையத்தைச் சுற்றியே நின்று விடுகிறது.

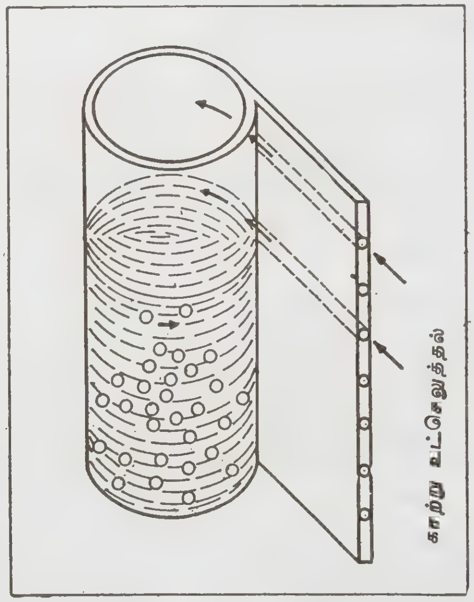
வடிகட்டிகள் துளையிடப்பட்ட தட்டுப்போன்ற வடிவம் உள்ளவை. பிரிக்கப்படவேண்டிய பொருளின் அளவிற்கேற்பத் துளையின் அளவும் மாறுபடுகிறது.

சுழல் காற்றுப் பிரிப்பான்களில் காற்றை மிகு வேகமாகப் பக்கவாட்டில் செலுத்துவதன் மூலம் கலவை சுழற்றப்படுகிறது. இச்சுழற்சியினால் மைய விலக்கு விசை ஏற்பட்டுப் பிரிவு நிகழ்கிறது.

மோதுதல் மூலம் பிரிக்கும் கருவிகளில் திசை மாற்றும் தடைகள், நீர்மத்தில் நனைந்த இழைகள் இருக்கின்றன. திண்மப்பொருளைச் சுமந்து வரும் வளிமத்தின் திசை திடீரென்று மாற்றப்படும் போது மிதந்துவரும் திண்மப்பொருள் அம்மாற்றத்தை ஏற்பதில்லை; மாறாகத் தன் எடையின் காரணமாகத்



(i) வடிகட்டி



(ii) சுழல்காற்றுப்பிரிப்பான்

படம் 3.

தடைகளில் மோதிக் கீழ்நோக்கிச் சென்று நீர்மத்தால் நனைந்த இழைகளில் தங்கிவிடுகிறது.

பள்ள மிதப்பான், அடர்த்தியில் போதுமான வேறுபாடு உள்ள திண்மப்பொருள்களைப் பிரிக்கவே பயன்படுகிறது. அவ்விரு திண்மப் பொருள்களும் ஏறக்குறைய ஒரே அளவுடையனவாகச் சலித்து எடுக்கப்பட்டு ஏதேனும் ஒரு கொள்கலனில் இடப்படுகின்றன. அந்தக் கொள்கலனில் கீழிலிருந்து மேல் நோக்கி உயருமாறு ஒரு நீர்மம் செலுத்தப்படுகிறது. திரவத்தின் அடர்த்தி ஒரு திண்மப் பொருளின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவாகவும் மற்றதன் அடர்த்தியைவிட அதிகமாகவும் இருக்க வேண்டும்.

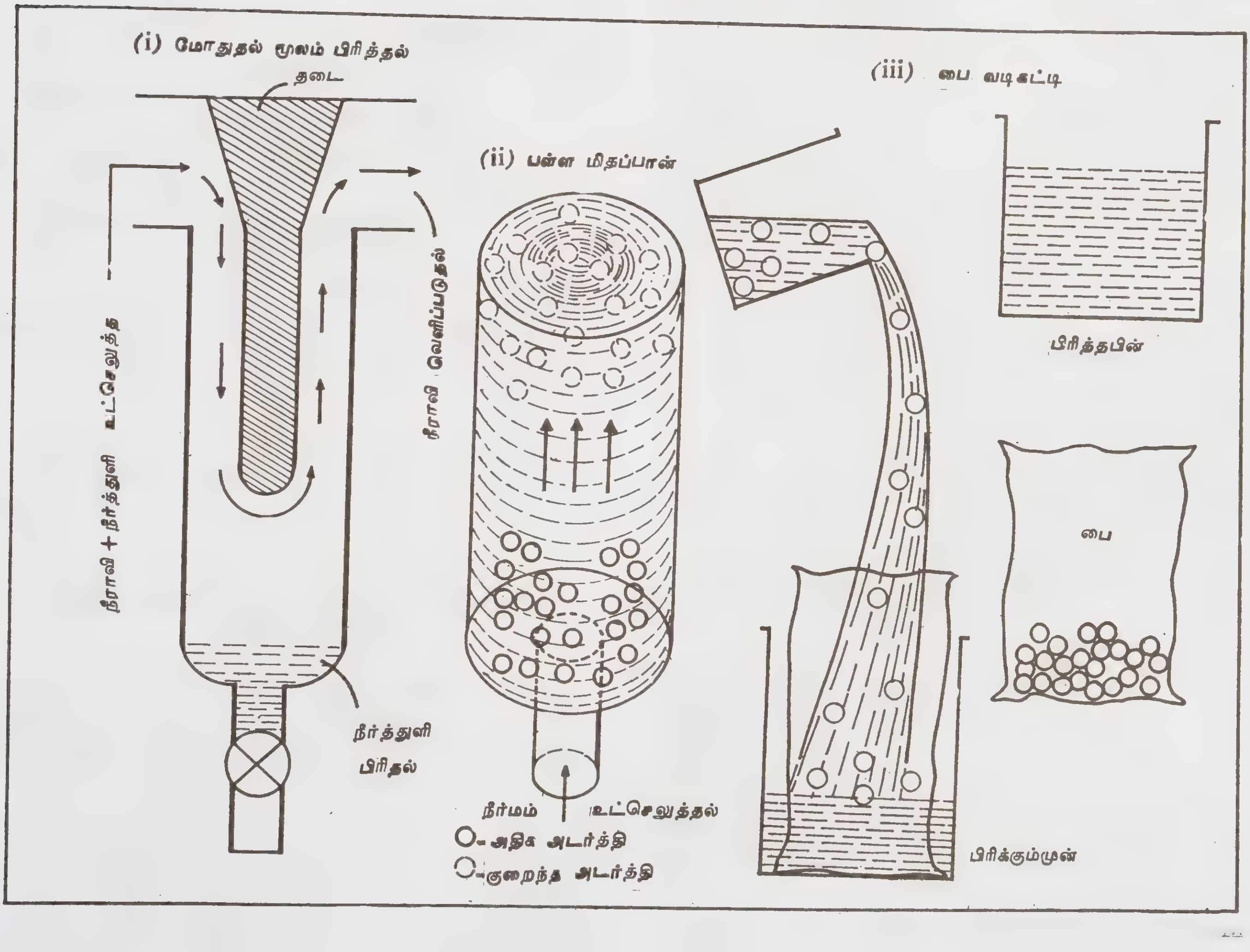
இந்நிலையில் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள பொருள் நீர்மத்தோடு மேல்நோக்கி மிதந்தபடியே நகர்கிறது. அதிக அடர்த்தியுள்ள பொருள் கீழ்நோக்கி நகர்ந்து கொள்கலனின் அடிப்பகுதியில் படிந்து விடுகிறது.

- வயி. அண்ணாமலை

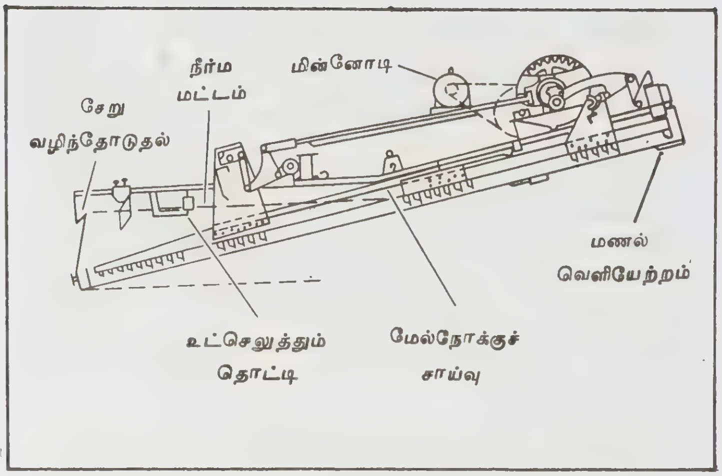
எந்திர வகைப்பாடு

பல வகை அளவு, ஒப்படர்த்தி ஆகியவற்றைக் கொண்ட பொருள்களின் கலவையிலிருந்து, நீரோடை அல்லது வேறு பாய்மத்தின் உதவியால் தனித்தனிப் பொருள்களாகப் பிரிக்கும் முறை எந்திர வகைப்பாடு (mechanical classification) எனப்படும். நீர், பிரிக்கும் பாய்மமாக மிகுதியாகப் பயன்படுகிறது (sorting fluid). பிற பாய்மங்கள், காற்று, வளிமங்கள் ஆகியவையும் பிரிக்கும் பாய்மமாகப் பயன்படுகின்றன.

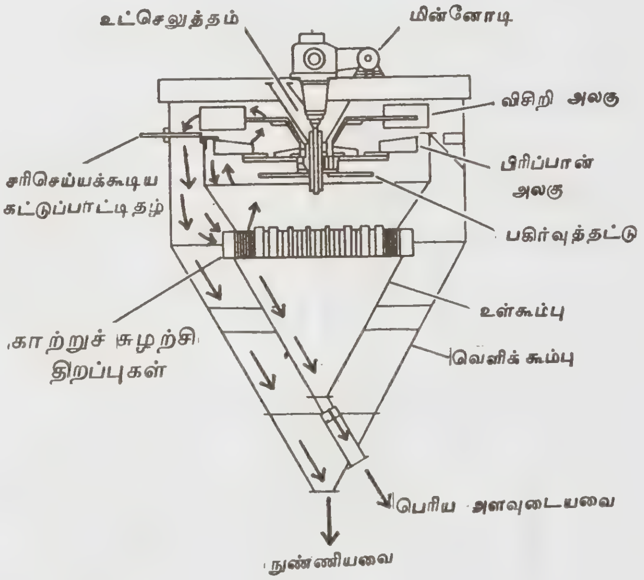
இவ்வகைப்பாட்டின் முக்கிய நோக்கம் பொருள்களை அவற்றின் அளவிற்குத் தகுந்தவாறு பிரிப்பதாகும். திரையிடு முறையைப் (screening) போன்றிருப்பினும், எந்திர வகைப்பாடு மிக மிகச் சிறிய பொருள்களுக்கே பயன்படுகிறது. இது பொருளாதார முறையில் மிகவும் சிக்கனமானது. இச்செயல்முறையில் பெரிய அளவுடைய பொருள்கள்



படம் 4.



படம் . டார் வகைப்படுத்தும் எந்திரம்



படம் 2. இரட்டைக் கூம்பு காற்று வகைப் படுத்தும் எந்திரம்

மணல் என்றும், குறைந்த அளவுடையவை சேறு என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

வேதி உட்கூறுகளினால் வேறுபடும் பொருள்கள் அவற்றின் ஒப்படர்த்தியின்படி எந்திரமுறையில் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. இது நீர்மப் பிரிப்பு முறை எனப்படும். ஒரே ஒப்படர்த்தியும் வேறுபட்ட அளவும், வடிவமும் கொண்ட பொருள்கள் வேறுபட்ட வேகங்களில் படிவுகளாகப் படிகின்றன என்ற கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் இவ்வகைப்பாடு அமைந்துள்ளது. பெரிய, கனமான உருண்டையான பொருள்கள் சிறிய, லேசான, ஊசிவடிவப் பொருள்களை விட விரைவாகப் படிகின்றன. இப்பொருள்களின் ஒப்படர்த்தி வேறுபடும்போது, படிவுகளாகப் படியும் வேகம் மேலும் மாறுபடக்கூடும். ஆகவே பொருள்கள் அவற்றின் அளவைப் பொறுத்து மட்டுமன்றி, அவற்றின் வகையைப் பொறுத்தும் பிரிக்கப்படுகின்றன.

எந்திர முறை வகைப்படுத்தும் எந்திரங்கள் படிவு வேகங்களில் (settling velocity) உள்ள வேறுபாட்டைப் பயன்படுத்தி உட்செலுத்தும் கலவையைத் தொடர்ச்சியான ஓட்டமுடைய பாய்மத்துடன் தொடர்பு கொள்ளச் செய்கின்றன. பின் அப்பொருள்கள், அப்பாய்மத்திற்கு ஏற்ற படிவு வேகத்தை அடைகின்றன. பிறகு, பாய்மத்தின் ஓட்ட விகிதத்தைச் சரிசெய்வதன் மூலம், குறைந்த படிவு வேகத்தைக் கொண்ட சிறு பொருள்கள் நீக்கப்படுகின்றன. பெரிய அளவுடைய பொருள்கள், மிக விரைவாகப் படிகின்றன. அவை வகைப்படுத்தும் எந்திரத்தின் அடிப்பகுதியில் மணல் வடிவில் தொகுக்கப்பட்டு, நீக்கப்படுகின்றன. வகைப்பாட்டு எந்திரத்தினுள் பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொடாமல் விலகி இருந்தால், அவை எளிய முறையில் படிவுகளாகப் படிகின்றன. அப் பொருள்கள் மிகவும் நெருக்கமாகக் காணப்பட்டால் அவை, தடங்கல் முறைப்படிதல் (hindered settling) என்ற வகையில் படிகின்றன. இம்முறையில் படிவு வேகம் எளிய முறையின் வேகத்தைவிடக் குறைவாகவே உள்ளது. ஆனால் இதில் பயன்படும் எந்திரத்தின் கொள்ளளவு அதிகமாக உள்ளது. இம்முறையில், ஒப்படர்த்தியின் வேறுபாட்டைக் கொண்டு பொருள்கள் பிரிக்கப்படுகின்றன.

ஈர வகைப்படுத்தும் எந்திரம். (wet classifier). இவை கிடைமட்டப் பாய்வு செங்குத்தான பாய்வு என்ற வகைகளில் அமைக்கப்படுகின்றன. செங்குத்துப் பாய்வில் ஒப்படர்த்தியைப் பொறுத்தும், கிடைமட்டப் பாய்வில் பொருள்களின் அளவைப் பொறுத்தும் எந்திரங்கள் பிரிக்கப்படுகின்றன. டார் வகைப்படுத்தும் எந்திரம் கிடைமட்டப் பாய்வு வகைக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.

காற்று வகைப்படுத்தும் எந்திரம். இவை, காற்றுப் பாய்வைக் கொண்டு, பொருள்களின் அளவைப் பொறுத்துப் பிரிக்கின்றன. இவை ஈரமான வகைப்படுத்தும் எந்திரங்களை விட மிக நுட்பமாகப் பொருள்களைப் பிரிக்கின்றன. இரட்டைக் கூம்பு காற்று வகைப்படுத்தும் எந்திரம் (double cone air seperator) இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.

இதில் பலவகைப்பட்ட அளவைக் கொண்ட பொருள்களின் கலவை, கிடைமட்டமாகச் சுற்றும் பகிர்வுத் தட்டின் மீது உட்செலுத்தப்படுகிறது. இப் பகிர்வுத் தட்டு (distributor plate) விசிறி அலகுகளைக் (fan blades) கொண்ட செங்குத்தான அச்சுத்தண்டால் இயக்கப்படுகிறது. இத்தட்டு

காற்றுப் பாய்வினுள் பொருள்களைச் சிதறச் செய்கிறது. தட்டிலுள்ள விசிறி, பிரிப்பானுக்குள் காற்றுச் சுழற்சி ஏற்பட உதவுகிறது. காற்று முதலில் கீழ் நோக்கியும் பின்னர் திடீரென்று மேல்நோக்கியும் பாய்கிறது. கனமான பொருள்கள் காற்று செல்லும் திசையில் செல்வதில்லை. ஆனால் அவை காற்றின் கீழ் நோக்கிய பாய்வின் போது உட்புறக் கூம்பின் உட்பகுதியில் தூக்கியெறியப்படுகின்றன. அங்கு அவை தொகுக்கப்பட்டு நீக்கப்படுகின்றன. எடை குறைவான பொருள்கள் காற்றினால் தூக்கிச் செல்லப்பட அவை வெளிக்கூம்பின் அடிப்பகுதியில் படிகின்றன. பின்னர் அவை நீக்கப்படுகின்றன.

- வா. அனுசுயா

எந்திர வடிவமைப்பு

எந்திரங்களைக் கட்டியமைக்க அறிவியல் அறிவைப் பயன்படுத்திக் கோட்பாட்டியலாக எந்திரத்தின் வடிவத்தை முன்கணிப்பது எந்திர வடிவமைப்பு (machine design) எனப்படும். எந்திரத்தை வடிவமைக்க இயற்கையின் அடிப்படை விதிகளைக் கற்றுத் தேறவேண்டும். கடந்தகாலக் கட்டங்களில் உருவாக்கப்பட்ட அனைத்து எந்திர உறுப்புகளைப் பற்றிய அறிவுவளம் எந்திரவடிவமைப்பை எளிமையாகவும் நம்பகமாகவும் திறமையாகவும் செய்ய வழிவகுக்கும். புதுமைப் புனைவு என்பது எந்திர உறுப்புகளின் வழக்கில் இல்லாத புதிய கட்டமைப்புகளை உருவாக்குவதிலோ, மரபு முறையை எளிமையாக்கிப் புகுத்துவதிலோ, புதிய கோட்பாடுகளை உருவாக்குவதிலோ உருவாகிறது.

எந்திர வடிவமைப்பு இரு செயல்முறைகளைக் கொண்டது. முதல் செயல்முறை எந்திரங்களை விளக்கும் நீலவரைபடம் (blue print) உருவாக்கல் இரண்டாம் செயல்முறைப் படத்தில் உள்ள உறுப்புகளை இணைத்து எந்திரத்தை உருவாக்கல் இவற்றின் மூலம் காலப்போக்கில் எந்திரங்கள் படிப்படியாக உருமலர்ச்சி (evolution) அடைகின்றன. எந்திரத்தின் தொடக்கப் படிமத்துக்கும் (initial model) இறுதியாக உருமலர்ந்த படிமத்துக்கும் (evolved model) தோற்றத் தொடர்பே இல்லாமல் இருக்கலாம். எந்திர வடிவமைப்பு என்பது குறிப்பிட்ட இயக்கத் தேவையை நிறைவேற்றவல்ல எந்திர அமைப்பைக் கருத்தியலாகப் புனைதலாகும். குறிப்பிட்ட தேவையை நிறைவேற்றும் எந்திரத்தைக் கட்டும் முன்பு, எந்திரப் பயன்பாட்டைத் தெளிவாகவும் முழுமையாகவும் புரிந்து கொண்டு அதற்குத் தக்கவாறு பழைய எந்திரத்தை மாற்றியோ புதிய எந்திரத்தை உருவாக்கியோ தேவையான எந்திரத்தைக் கருத்தியலாகப் பெறவேண்டும். பிறகு அதன் அடக்கச் செலவினத்தையும் கட்டத்தேவையான காலத்தையும் மதிப்பிட வேண்டும். பிறகு எந்திரத்தை உற்பத்தி செய்து சோதித்து இயக்கத் தேவையான பொருள்களைக் கருதல் வேண்டும். எந்திரம் உடனடியாகத் தேவைப்பட்டால் சிந்தனையிலிருந்து எந்திரத்தை விளக்கும் வரைபடங்களை வரையலாம். தொழில்நுட்பம் முன்னேறும்போது எந்திரம் பயனற்றதாகி விடலாம். அப்போது புதிய எந்திரத்தை உருவாக்க வேண்டும். காண்க, இயங்கமைப்பு

- உலோ. செந்தமிழ்க் கோதை

எந்திரவியல் மறிப்பு

தனி விசை இயக்கத்தில் (simple harmonic motion) ஈடுபட்டிருக்கிற ஓர் அமைப்பில் விசைக்கும் துகள் திசைவேகத்துக்கும் இடையில் உள்ள தகவு அந்த அமைப்பின் எந்திரவியல் மறிப்பு எனப்படும். அந்த விசை அமைப்பை இயக்குவதாகவும், திசைவேக விசை செயல்படும் புள்ளியினுடையதாகவும் இருப்பின் அதன் தகவு, உள்ளீடு அல்லது இயக்கு புள்ளி மறிப்பு (input or driving point impedance) எனப்படும். வேறு ஏதாவது ஒரு புள்ளியின் திசை வேகத்தைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளும் போது இத்தகவு இரு புள்ளிகளுக்குமுரிய மாற்ற மறிப்பு (transfer impedance) எனப்படும்.

மின் மறிப்பைப் போலவே எந்திரவியல் மறிப்பும் (mechanical impedance) ஒரு பலகூட்டுச் சிக்கல் அளவாகும். அதன் மெய்ப் பகுதி எந்திரவியல் தடை (mechanical resistance) எனப்படும். ஆற்றல் சிதைப்பு விசைகள் திசைவேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும் போது எந்திரவியலின் தடை அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்ததாக இராது. எந்திரவியல் மறிப்பின் கற்பனைப் பகுதியான எந்திரவியல் எதிர்ப்பு அதிர்வெண்ணுடன் மாறும். அது அமைப்பின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்களில் சுழியாகவும், எதிர் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்களில் வரம்பிலியாகவும் ஆகிறது.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

எப்சிலான் துகள்

அண்டத்தில் அடங்கியுள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் மிகமிகச் சிறிய நுண்ணிய மூலத்துகள்களால் ஆக்கப்பட்டவை. இவை அடிப்படைத்துகள் எனப்படுகின்றன. தொடக்கத்தில் அணுக்கருவில் புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் அவற்றிற்கு வெளியே எலெக்ட்ரான்களும் உள்ளன எனக் கொள்ளப்

பட்டது. அணுவியல் ஆராய்ச்சியின் பயனாக ஃபோட்டான், பாசிட்ரான், π-மெசான் அல்லது பயான், லெப்டான் வகையைச் சார்ந்த இலேசான μ - மெசான் அல்லது ம்யுவான், நியூட்ரினோ போன்ற அடிப்படைத்துகள்கள் கண்டறியப்பட்டன. அவற்றோடு எலெக்ட்ரானின் எதிர்த்துகள் (anti particle), பாசிட்ரான் புரோட்டானின் எதிர்த்துகள் எதிர் புரோட்டான் (anti proton) போன்ற எதிர்த் துகள்கள் பலவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. ஆனால், சூழ்நிலை, சுற்றுப்புறத்திற்கு ஏற்றவாறு மேலும் பல அடிப்படைத்துகள்கள் வெளியிடப்படுகின்றன என்று கண்டறியப்பட்டது. இவ்வாறு புதியதாக முப்பதிற்கும் மேற்பட்ட அடிப்படைத் துகள்கள் இதுவரை கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

எப்சிலான் துகள் (upsilon particle) என்பது புரோட்டானின் நிறையைப் போன்று பத்து மடங்கு நிறையுள்ள ஒரு அடிப்படைத் துகளாகும். அடிப்படைத் துகள்கள் யாவும் குவார்க் (quark) என்னும் மேலும் அடிப்படையான துகள்களால் ஆனவை என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இதன்படி எப்சிலான் துகள் ஒரு குவார்க்கும் அதன் எதிர்த் துகளும் சேர்ந்த தொகுப்பு என்று விளக்கப்படுகிறது. இந்த புதிய குவார்க், b குவார்க் என்று அடையாளமிடப்பட்டுள்ளது. b என்பது அடிப்பாகம் (bottom) அல்லது அழகு (beauty) என்று குறிப்பிடுவதாகக் கருதப்படுகிறது. b - குவார்க், புரோட்டானைப் போன்று ஐந்து மடங்கு நிறையும் எலெக்ட்ரானின் மூன்றில் ஒரு பாக மின்னூட்டமும் (charge) உடையதாகும்.

தோற்றம். எப்சிலான் துகள்களைக் - கண்டறிய முதல் முயற்சி 1970 இல்ஃபெர்மி ஆய்வுக்கூடத்தில் தொடங்கப்பட்டது. விரிவான பகுப்பாய்வுகள் மூலம் மூன்று தனித்தன்மையுள்ள எப்சிலான்கள் (அதாவது ஒரு மேற்குறிக்கோடுள்ள எப்சிலான் r'இரு மேற்குறிக்கோடுகளுள்ள எப்சிலான் r'' என்ற துகள்கள்) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

எப்சிலான் துகளின் தன்மைகள். 1978ஆம் ஆண்டில் ஹம்பர்கிலுள்ள (ஜெர்மனி) டாய்ச்செஸ் எலெக்ட்ரானன் சிங்ரோட்ரான் ஆய்வுக்கூட (Deutsches Elektronen Synchrotrone lab) அறிவியலார் எலெக்ட்ரானையும் பாசிட்ரானையும் மோதச் செய்து எப்சிலான் துகளை உண்டாக்கி வெற்றி கண்டனர் ($e^+ + e^- = r$). அப்போது கிடைத்த விளக்கங்களின் படி குவார்க்கும்(b) அதன் எதிர்த் துகளும் ($\bar{b}$) அடங்கிய ஒரு நிலைதான் எப்சிலானாகும். அதாவது, $r = b\bar{b}$. $b\bar{b}$ (r) அமைப்பின் கிளர்வூட்டப்பட்ட நிலைகள் r', r''என்ற எப்சிலான் துகள்களாகும்.

e^+ பாசிட்ரான், e^- எலெக்ட்ரான் ஆகியவற்றின் ஆற்றல் முழுமையும் எப்சிலான் உண்டாக்கப் பயன்படுகிறது. எனவே, எப்சிலானின் நிறையும் e^+, e^- ஆகியவற்றின் மொத்த நிறையும் சமமாகவுள்ளன. இச்செயல்முறைகள் மேலும் ஒரு நான்காவது எப்சிலான் துகள், அதாவது r''' என இருக்கலாமென்று தெரிவிக்கின்றன. இம்மிகப் புதிய நிலையானது மிகக் குறுகிய ஆயுட்காலத்தை உடையதாகும்.

-ஆர். வெள்ளைச்சாமி

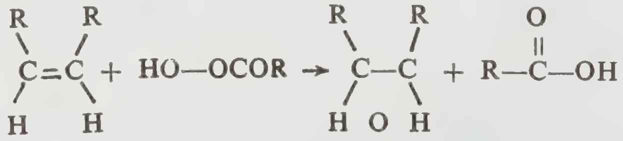
எப்சோமைட்

இது நீரிய மக்னீசிய சல்பேட்டுக் கனிமமாகும். இது எப்சம் உப்பு என்றும் குறிப்பிடப்படும். இது பளிங்கு போன்ற ஊசியான ஆர்த்தோராம்பிக் படிகமாகக் கிடைக்கின்றது. பெரும்பாலும் திண்ணிய அல்லது நார்போன்ற படிகமாக உள்ளது. அமெரிக்காவில் ஓர்வில்லிக்கு அருகிலிருக்கும் கிருதர் மலையிலுள்ள உப்பு ஏரிகளில் கிடைத்த படிகங்கள் ஒரு மீட்டர் நீளத்தைவிட நீண்டவையாக இருந்தன. எப்சோமைட் (epsomite) சங்குமுறிவுத்தளத்தைக் கொண்டது. ஒளிவீச்சு, பளிங்கு மிளிர்விலிருந்து பட்டு மிளிர்வு வரை வேறுபடும் கடினத் தன்மை 2 - 2·5; அடர்த்தி 1.68. இக்கனிமம் கசப்புடன் உப்புக்கரிக்கும் சுவையுடையது. நீரில் கரையக் கூடியது. எப்சோமைட் நுண்குழாய்ப் பூச்சாகச் சுண்ணாம்புக் குகையிலும், நிலக்கரியிலும் சுரங்கப் பாதைகளிலும் காணப்படும். உலர்ந்த காற்றில் இக்கனிமம் தனது படிகநீரின் ஒரு பகுதியை விரைவில் இழந்துவிடும். பெரும்பாலும் இது ஜிப்சத்துடன் சேர்ந்து கிடைக்கும். கடல் அல்லது உவர் ஏரிப்படிவுகளில் அமைந்துள்ள மெல்லிய உப்பு அடுக்குகளில் இக்கனிமம் காணப்படும். இது பேதி உப்பாகப் பயன்படுகிறது.

- இரா. இராமசாமி

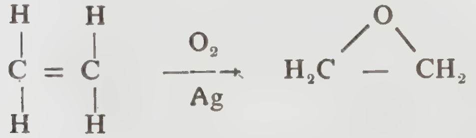
எப்பாக்சிஜனேற்றம்

ஒலிஃபீன்களையோ கார்பன்-கார்பன் இரட்டைப் பிணைப்புக் கொண்ட கரிமச் சேர்மங்களையோ எப்பாக்சி (ஆக்சிரேன்) சேர்மங்களாக மாற்றுவதற்கு எப்பாக்சிஜனேற்றம் (epoxidation) என்று பெயர். வெள்ளி வினையூக்கியைப் பயன்படுத்தி எத்திலீனை ஆக்சிஜனேற்றத்திற்குட்படுத்தி தொழில் முறையில் ஆக்சிரேன்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.



ஒலிஃபீன் பெர்அமிலம் ஆக்சிரேன் (எப்பாக்சைடு) கார்பாக்சிலிக் அமிலம்

பெராக்சி அமிலங்களைக் கொண்டு ஆக்சிஜனேற்ற மடையச் செய்வதே எளிதான முறையாகும்.



ஒலிஃபீன்களைக் கரிம பெராக்சைடுகள், பெர்மாங்கனேட்டுகள். குரோமேட்டுகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு ஆக்சினேற்றம் செய்தும் ஆக்சிரேன்களைப் பெறலாம். பெர்அசெட்டிக் அமிலம், பெர்ஃபார்மிக் அமிலம் போன்றவை எளிதில் தயாரித்து ஆக்சிஜனேற்ற காரணிகளாகப் பயன்படக் கூடியவை. அசெட்டிக் அமிலத்தை அல்லது ஃபார்மிக் அமிலத்தை 30% ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடுடன் அமில வினையூக்கியான நேரயனிப் பரிமாற்றி ரெசின் உடனிருக்கச் சேர்க்கும்போது பெராக்சி அமிலம் கிடைக்கிறது. ஒலிஃபீன்களின் மூலக்கூறு அமைப்பு வினைப்படு பொருள்களின் சேர்க்கை விகிதங்களையும், வெப்ப நிலை, வினையூக்கி போன்றவற்றையும் தீர்மானிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக மெத்தில் ஒலியேட்டும் மற்ற எஸ்ட்டர்களும், கரிமச் சேர்மங்களின் கடைசியில் இரட்டைப் பிணைப்புகளைக் கொண்ட சேர்மங்களைவிட (எ.கா. 1-டெட்ராடெக்கேன்) விரைவில் எப்பாக்சிஜனேற்றம் அடைகின்றன.

-த. தெய்வீகன்

எப்பிடியோரைட்

உருமாற்றமடைந்த டயோரைட் அல்லது கேப்ரோ பாறைகளுக்கு இப்பெயர் வழங்கப்படுகிறது. காப்ரோ பாறைகள் மிகுந்த இயங்குவிசையாலோ நீர்ம வெப்பவியக்கத்தாலோ தாக்கப்பட்டால் எளிதில் அவை பச்சை நிற்முடைய பாறையாக மாறுகின்றன. பசால்டிக் பாறைகளும் இவ்விதமாக மாற்றமடையக் கூடியன. பச்சைக்கற்கள் எனக் கூறப்படும் பெரும் பாலான பாறைப்பகுதிகள் உண்மையில் எபிடியோரைட் பாறைப் பகுதிகளாகும். இப்பாறைகளில் பிளஜியோகிளேஸ் சிதைந்து எப்பிடோட்டும், ஆல்ஃபைட்டும் கலந்த கலவையாக சாசரைடைசேஷன் மாறிக் கிடக்கும். பைராக்சின் ஆம்பியோலாக மாறுகின்றது. இவ்வித மாற்றங்கள் இப்பாறைகளிடையே ஏற்பட்டாலும் மாற்றமடைந்த பாறைகளின் ஒருசில பகுதிகளில் சிறிதும் மாற்ற மடையாத முதற்பாறைகளின் எச்சங்கள் ஆங்காங்கு தென்படும். எனவே முதற்பாறைகள் இவ்விதமாக மாற்ற மடைந்த தன்மையைக் குறிக்கவே இச்சொல் எழுந்தது. முதனிலை பைராக்சின் கனிமம் மாற்ற மடைந்து ஆர்ன்பிளண்ட் உண்டாகும் போது பைராக்சின் கனிமப் பிரிவு (001) அல்லது (100) ஆர்ன்பிளெண்ட் கனிமத்தில் நீட்டியிருக்கும். பிளஜியோகிளேஸ் சாசரைடைசேஷன் மாற்ற மடைவதாலும் அக்கனிமம் தன் முழுப்படிக இயல்பு உருவையும் கொண்டிருக்கும். மற்றும் அதில் அடுக்கடுக்காகக் காணப்படும் காரல்ஸ்பாடு-ஆல்பைடு, பெரிகிளைன் போன்ற சிக்கலான மிகுபின்னிய இரட்டுறல் தொகுதிகள் சிதையாமற் காணப்படும். சிதைந்தழிந்து மீண்டும் படிகமாக வளர்ந்த எப்பிடோட், கார்னடைட், ஸ்பீன், குவார்ட்ஸ் பரல்கள் ஆகியவை காணப்படும். அப்பலேச்சியன், ராக்சி மலைத்தொடர், ஆல்ப்ஸ், ஸ்காட்லாந்து ஆகியயிடங்களில் உள்ள மலைத் தொடர்களில் உள்ள தாழ்நிலை உருமாற்ற சிஸ்டு தொடர்களில் உள்ள பில்லைட்டுப்பாறைகளிடையே எபிடியோரைட் பரவலாகக் காணப்படுகிறது.

-இரா. இராமசாமி

எப்பிடோசைட்

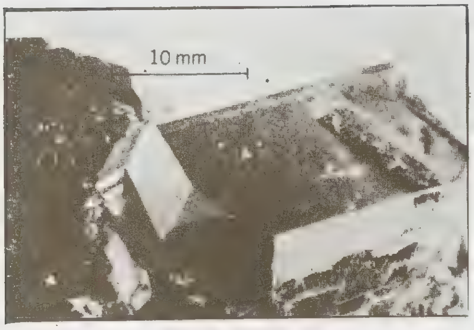
இது, எப்பிடோட், குவார்ட்ஸ் கனிமங்கள் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய ஓர் அரிய உருமாற்றப் பாறையாகும். சுண்ணாம்புப்படிவுப்பாறைத் துணுக்குகள் உருமாற்றம் பெறுவதாலும், நீர்ம-வெப்ப மூலத்தாலும் எப்பிடோசைட்டுகள் ஏற்படுகின்றன. இப்பாறைகள் ஸ்கார்ன் பாறைகளை (skarn rocks) ஒத்துள்ளன. ஆனால் இவை குறைந்த வெப்ப நிலையில் உண்டாகின்றன. காண்க, உருமாற்றப் பாறைகள்.

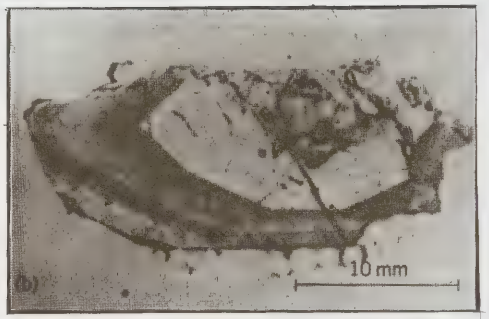
மூலப்பொருள் வண்டலாகவோ, உருகிய பாறைக் குழம்பாகவோ அமையலாம். பொதுவாக எப்பிடோசைட்டுகள் சுண்ணாம்புக்கற்களுடன் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன. எப்பிடோட்-ஆம்பிபோலைட் தொடர்களுடன் உள்ள சிலிகேட் பாறைகளுடன் இச்சுண்ணாம்புக்கற்கள் வினைபுரிகின்றன. இவை ஆம்பிபோலைட்டுகளில் பட்டை (band), நரம்பு (vein), மெல்லிய கோடு (streak), முண்டு (nodule) போன்றவற்றை உண்டாக்குவதுடன், ஹார்ன்பிளண்ட் சிஸ்ட்டுகளையும், எப்பிடியோரைட் பொருள்களையும் உண்டாக்குகின்றன. சிலசமயங்களில் எப்பிடோசைட் பாறைகளை வெட்டிப் பின்னர் மெருகேற்றி ஆபரணங்களுக்குப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

- இரா. சரசவாணி

எப்பிடோட்

இது ஒற்றைச் சரிவுப்படிகத்தொகுதியைச் சார்ந்ததாகும். பொதுவாகப் படிகங்கள் பட்டக வடிவ





மைப்பும் ஒரே ஒரு முனையில் முறிவு பெற்று ஊசி அமைப்புடன் காணப்படுகிறது. (100), (001) பட்டகப் பகுதிகளில் அதிகமாக வரியமைப்புகள் (striation) உள்ளன. இணையாகவும், வெவ்வேறு திசையில் பிரிந்தும், நாரிழையாகவும் காணப்படு கிறது. சிறு மணி போன்ற அமைப்பும், பலவிதமான அளவும், நுண்ணிய துகள் அமைப்பும் காணப்படும். பிளவு (001) தளத்தில் சீராகவும், (100) தளத்தில் சீரற்றும் காணப்படுகிறது. முறிவு ஒழுங்கற்றது, நொறுங்குத் தன்மையுடையது. கண்ணாடி போன்ற பளபளப்புடையது. கடினத்தன்மை எண் 6-7 ஆகும். அடர்த்தி எண் 3.25-3.5 வரை மாறுபடுகிறது. மஞ்சள் கலந்த பச்சை, பழுப்பு நிறப்பச்சை, பச்சை கலந்த கறுப்பு, கறுப்பு ஆகிய நிறங்களில் கிடைக் கிறது. சில சமயங்களில் சிவப்பு, மஞ்சள், சாம்பல் நிறம், சாம்பல் கலந்த வெள்ளை ஆகிய நிறங் களிலும், அரிதாக நிறமற்றும் காணப்படும். வரிகள் சாம்பல் நிறத்திலும், நிறமற்றும் காணப்படுகின்றன. ஒளி ஊடுருவும், ஊடுருவாத் தன்மைகளையும் பெற்று உள்ளது.

பொதுவாக தூய்மையற்ற கல்கேரியப் படிவுப் பாறைகள், அனற்பாறைகள் முதலியவற்றின் உரு மாற்றத்தால் எப்பிடோட் (epidote) உண்டாகிறது. நைஸ் அடுக்குப்பாறை, அபிரகச் சிஸ்ட், ஆம்பிபோல் சிஸ்ட் செர்பென்ட்டீன் முதலிய பாறைகளில் அதிகமாகக் காணப்படும். குவார்ட்சைட், மணற் பாறை, சுண்ணப்பாறை முதலியவற்றிலும் காணப் படுகிறது. எப்பிடோட், மாக்னடைட், ஹேமடைட் படிவுகளிலும் காணப்படுகிறது. குவார்ட்ஸ், ஃபெல்ஸ்பார், ஆக்டினோலைட், ஆக்சினைட், குளோ ரைட் முதலியவற்றுடன் இணைந்து காணப்படுகிறது. ஆஸ்திரியாவில் காப்பன்வண்ட்டிலும், இத்தாலியில் பீட்மோண்ட்டிலும், சுவிட்சர்லாந்திலுள்ள செயிண்ட் காட்ஹார்டு, டிக்கினோ மாவட்டங்களிலும், நார்வே யில் அரென்டாவிலும், அமெரிக்காவில் நியு ஹாம் ஹையரிலும், யூரல் மலை, அலாஸ்கா முதலிய இடங்களிலும் இது காணப்படுகிறது.

- இரா. சரசவாணி

எப்பித்திலியோமா

தோல்புற்றில் (epithelioma) முனைப்பாக வளரக் கூடிய இந்நோய் மிகுதியாகக் காணப்படுவதில்லை. முகத்திலும் பாதங்களிலும் தானாகத் தோன்றும் இந்நோய் வயதானோரிடம் அதிகம் காணப்படும். பொதுவாகப் புற்று தோன்றும் நிலையான போவன் நோய் (bowen's disease), வாயில் தோன்றும் வெண் தோல் மாற்றம் (leukoplakia), முலைக்காம்பில் உண்டாகும் பேஜட் நோய் (pagets disease of nipple) எக்ஸ்கதிரால் வரும் தோல் அழற்சி, நாட்பட்ட தீ வடுவால் உண்டாகும் மார்ஜோலியன் புண் (marjolin's ulcer) முதலியவற்றாலேயே எபித்திலியோமா அதிகம் உண்டாகிறது. இவை தவிர சிரையில் உண் டாகும் நாட்பட்ட புண், தோல் காச நேயால் ஏற் படும் புண் (chronic lupus vulgaris lesion), சாயங் கள், தார், மற்றும் புகை முதலியவை தோலை அரித்துப் புற்றை உண்டாக்கும்.

எபித்திலியோமா புண்களின் ஓரம் ஒழுங்கற்று உயர்ந்து, வெளிப்புறம் உருண்டு காணப்படும். அடிப்பகுதி தடித்தும், நாட்பட்ட நிலையில் அடியில் உள்ள திசுவில் பரவியும் காணப்படும். இரத்தம் கலந்த நீர் வரும். இரண்டாம் நிலைத் தொற்றினால் இது மிகுவதோடு நிணநீர்க் கணுக்கள் வீர்த்து மியூக்காய்டு நலிவுடன் காணப்படும். அரிதாகத் தொற்றினால் நிணநீர்க் கணு வீர்க்கலாம்.

மருத்துவம். திசு ஆய்வு உறுதியானவுடன் சுற்றி உள்ள நல்ல திசுவுடன் சேர்த்து இப்புற்றை வெட்டிக் களைய வேண்டும். பின் ஒட்டுறுப்பு அறுவை மூலம் தோல் எடுத்து ஒட்ட வைக்கலாம். கட்டியின் அளவு, நோயாளியின் தன்மைகளைப் பொறுத்து எக்ஸ் கதிர் மருத்துவம் கொடுக்கப் புற்று மாறும். பாதிக்கப்பட்ட நிணநீர்க்கணுக்களை நுண் ணுயிர் எதிர் மருந்துகள் அளித்தும் குறையாவிட்டால் பாதிக்கப்பட்டவைகளை மொத்தமாக வெட்டிக் களைய வேண்டும். அசையாக் கணுக்களை, அதாவது

ஊடுருவிப் பரவிய கணுக்களை எக்ஸ்கதிர் கொண்டு தீய்க்கலாம்.

- மா. ஃபிரெடரிக் ஜோசப்

எப்பிநெஃபிரின்

டோப்பமைன், நார்எப்பிநெஃப்ரின் போன்ற, முக்கியமான கேடகாலமின்களில் எப்பிநெஃப்ரினும் ஒன்றாகும். ஒன்றாகும் எப்பிநெஃப்ரின் அண்ணீரக அகணியில் (adnenal medula) சுரக்கும் ஒரு ஹார் மோன் ஆகும். இது அட்ரினலின் எனப் பொது வாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. இவற்றிற்கு முன்னோடி டைரோசின் (tygrosin) என்ற அமினோ அமில மாகும்.இந்தப் பொருள்கள், டைரோசினின் நொதி மாற்றங்களுடன் பின்வருமாறு இணைந்துள்ளன.

டைரோசின் - டோப்பா - டோப்பாமின் - நார் எப்பிநெஃப்ரின் - எப்பிநெஃப்ரின்

இயல்பாக ஓய்வில் இருக்கும்போது பிளாஸ்மா வில் எப்பிநெஃப்ரின் அளவு 20-50 பி.ஜி/மி.லி. ஆகும். மனஉளைச்சலின்போது இதன் அளவு 150 பி.ஜி/ மி.லி. என அதிகரிக்கிறது. ஓய்வின்போது சிறுநீரில் 5-20 மைக்ரோகிராம் 24/மணி நேரத்தில் வெளிப் படுகிறது. மன உளைச்சலின் போது 24 மணி நேரத் தில் சிறுநீரில் 100 மைக்ரோ கிராம் வெளிப்படு கிறது.

குளுகோஸ் கட்டுப்பாட்டில் எப்பிநெஃப்ரின் பங்கு கொள்கிறது. குளுக்ககானைத் தவிர அண்ணீரக அகணியின் ஹார்மோனான எப்பிநெஃப்ரினும், அண்ணீரகப் புறணி ஹார்மோனான கார்ட்டி சோனும், பிட்யூட்டரியின் வளர்ச்சி ஹார்மோனும், குளுகோஸ் உற்பத்தியை ஊக்குவிக்கின்றன. இவை குளுகோஸ் பயன்படுத்தப்படுவதைக் கட்டுப்படுத்து கின்றன. ஆகாவே குளுக்கான் மற்றும் எப்பிநெஃப்ரின் கார்ட்டிசோன், வளர்ச்சி ஹார்மோன் growth hormone) ஆகியவை குளுகோஸ் சட்டுப்பாட்டு எதிர் ஹார்மோன்களாக விளங்குகின்றன. இன்சுலின் குளு கோஸ் கட்டுப்பாட்டு ஹார்மோனாக விளங்குகிறது.

இரத்தப் பெருக்குக் கோளாறுகளின்போது இரத்த உறைவு நேரம் மற்றும் இரத்தப் பெருக்கு நேரம் நுண் தட்டுகள் ஒட்டுமுறை ஆகியவற்றைத் தெரிந்து கொள்ள எப்பிநெஃப்ரின் உதவுகிறது. நுரையீரல் ஆஸ்த்துமா மருத்துவத்தில் எப்பிநெஃப்ரின் பெரிதும் பயன்மிக்கதாக விளங்குகிறது.

அதிர்ச்சி மருத்துவத்தில் எப்பிநெஃப்ரின் பெரும் பங்கேற்கிறது. இந்தக் கேட்டகாலமைன், எலும்புத் தசைப்படுகைகளின் இரத்த நாளங்களையும் வயிற்று றுப்பு, சிறுநீரக இரத்த நாளங்களையும் சுருங்கச் செய்கின்றது. மேலும் இது இதய உந்தலள்வை அதி கரிக்கிறது. ஆனால் இன்றியமையா உறுப்புக்களுக் கான இரத்த ஓட்டத்தைப் பங்கீடு செய்வதில்லை. எனினும் எப்பிநெஃப்ரின் மிகையான ஒவ்வாமை அதிர்ச்சியில் பெருமளவில் உதவுகிறது.

-அ. கதிரேசன்

எம்பயாப்டிரா

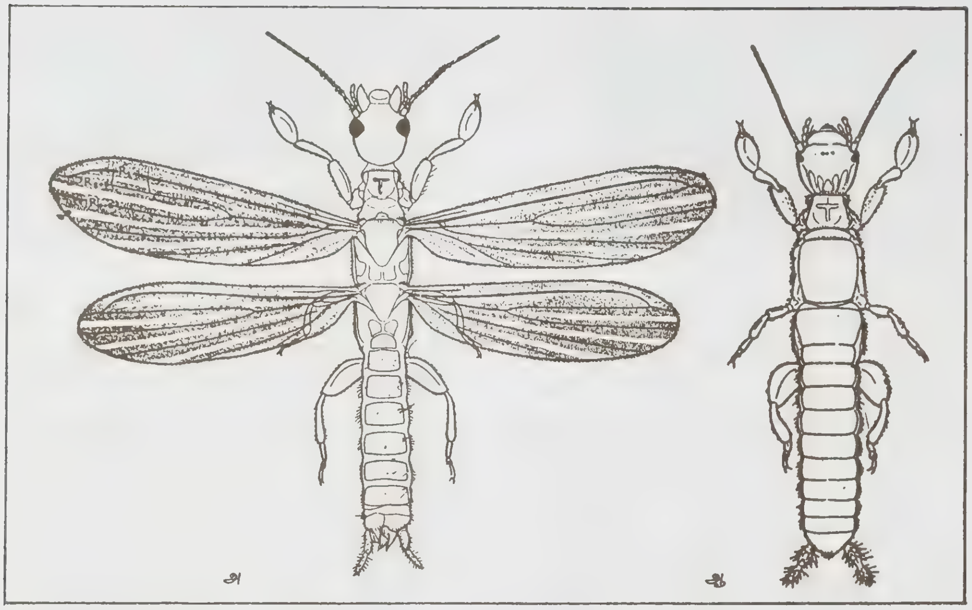
பூச்சிகள் வகுப்பில் எம்பயடுகள் (embrids) என்னும் பெயர்பெறும் பூச்சிகள் எம்பயாப்டிரா (embioptera) என்ற வரிசையில் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

எம்பயடுகள் மென்மையான உடலுடையவை நடுத்தர அளவுள்ள இப்பூச்சிகள் முற்றிலும் நிலவாழ் உயிரிகளாகும். இவற்றின் மேல் தோல் ஓரளவு கடினமானது. மேல்தோலில் உள்ள நிறமிகள் (pigments) மேல் தோலுக்கு நிறத்தைக் கொடுக்கின்றன.

பொதுவாக இப்பூச்சிகள் மின் விளக்குகளில் ஒட்டிக் கொண்டு காணப்படுகின்றன. வளர்ந்த பூச்சிகள் பகல் நேரங்களில் கற்களிலும், பாறை களுக்கடியிலும், மரப்பட்டைகளின் இடுக்குகளிலும், மேலும் மறைவான பகுதிகளிலும் தயாரிக்கப்பட்ட கூடுகளில் உறைகின்றன. இவை இரவு நேரப் பூச்சிகளாதலால் இரவில் தான் சுறுசுறுப்பாக இயங்குகின்றன. வானம் இருண்டு, மேகமூட்டத் துடன் காணப்படும் நாள்களில் இப்பூச்சிகள் பகலி லும் உலவுவதைக் காணலாம். மழைக்காலங்களில் இவை அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

இப்பூச்சிகள் பட்டு நூலைச் சுரந்து, அவற்றால் கூடுகட்டி வாழ்வதால் இவற்றை வலைபின்னும் பூச்சிகள் என்றும் குறிப்பிடுவர். சில எம்பயடு இனங்கள் கூட்டமாக வாழ்பவை. இடையூறு ஏற் பட்டால் இவை முன்னும் பின்னும் விரைவாக ஓடி அதைத் தவிர்க்க முயற்சிக்கின்றன. இப்பூச்சியினங் களில் ஆண் பூச்சிகளும் பெண் பூச்சிகளும் காணப் படுகின்றன. பெண் பூச்சிகளில் இறகுகள் இல்லை. ஆண்பூச்சிகளில் இறகுகள் இருப்பினும் இவற்றால் நன்றாகப்பறக்க முடிவதில்லை.

எம்பயடுகளின் உடல் தலை. மார்பு, வயிறு என்ற மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. தலை பெருத்துக் காணப்படும். இவற்றின் வாயுறுப்புகள் தலைமுன் வாயுறுப்புகள் (prognathus) வகையைச் சேர்ந்தவை. வாயுறுப்புகள் நன்கு வளர்ச்சியடைந்து அசையக் கூடிய அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. மேலுதடு நன்கு வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. வெட்டுத் தாடை (mandible) பெரியனவாக உள்ளன. அவற்றின் வெட்டும் ஓரங்கள் உறுதியாக உள்ளன. துருவு



ஒலிகோட்டோமா சாண்டர்சி

அ. ஆண்பூச்சி ஆ. பெண்பூச்சி

தாடைகள் (maxillae) தனித்துக் காணப்படுகின்றன. தலையில் ஓர் இணைக் கூட்டுக்கண்களும், நீண்ட உணர்கொம்புகளும் உள்ளன. கூட்டுக் கண்கள் ஆண் பூச்சிகளில் அளவில் பெரியனவாகவும், பெண் பூச்சி களில் சிறியனவாகவும் உள்ளன.

மார்புக் கண்டங்களில் முன்மார்புக் கண்டம் ஏனைய மார்புக் கண்டங்களை விட அளவில் சிறியது. மார்புப் பகுதியில் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த குட்டை யான உறுதியுள்ள மூன்று இணையான கால்கள் உள்ளன. கால்களில் டார்சஸ் பகுதியில் மூன்று கண்டங்களே உள்ளன. முன் கால்களின் மெட்டா டார்சஸ் பகுதி தடித்து, நூல் சுரப்பியாக மாறி யுள்ளது. இச்சுரப்பிகளின் சுரப்பு நீரால் தாம் வாழும் பட்டுக் கூடுகளை இவை அமைத்துக் கொள்கின்றன.

இப்பூச்சிகளின் உணவூட்டமும் உணவுவகைகளும் பற்றிய முழுமையான விவரங்கள் இன்னும் அறியப் படவில்லை. இவை மற்ற சிறிய பூச்சிகளை உண்டு வாழ்பவை. உதட்டுச் சுரப்பிகள் செரிமான மண்டலத் தோடு இணைந்து அமைந்துள்ளன. உணவுக்குழல் அகன்றும் தொண்டை குறுகியும் காணப்படுகின்றன. இருபதுக்கும் மேற்பட்ட மால்பீஜியன் நுண்குழல்கள் உள்ளன. மார்புக் கண்டங்களில் இரண்டு இணை மூச்சுத் துளைகளும் வயிற்றுக் கண்டங்களில் எட்டு இணை மூச்சுத் துளைகளும் காணப்படுகின்றன. மூச்சுக் குழாய்களில் காற்று அறைகள் இல்லை. நரம்பு மண்டலம், மார்புப் பகுதியில் மூன்று நரம்புச் செல் திரள்களையும் வயிற்றுக் கண்டங்களில் ஏழு நரம்புச் செல் திரள்களையும் கொண்டது.

ஆண், பெண் பூச்சிகளில் இணையான இனப் பெருக்க உறுப்புகள் உள்ளன. ஆண், பெண் பூச்சிகளைப் புறத்தோற்றத்தைக் கொண்டே வேறு படுத்தி அறியலாம். ஆண் பூச்சிகளில் பதினோராம் கண்டம் ஏனைய கண்டங்களிலிருந்து வேறுபட்டுச் சீரற்றுக் காணப்படும். பெண் பூச்சிகளில் பெண் இனப் பெருக்கத்துளை ஒன்பதாம் கண்டத்தில் அமைந் துள்ளது. சில இனங்களில் கன்னி இனப்பெருக்க முறை (parthenogenesis) காணப்படுகிறது. வளர்ச்சிப் பருவம் அழுகிய கரிமப்பொருள்களில் நடைபெறு கிறது. இளவுயிரிகள் அழுகல் கரிமப் பொருள்களை உண்டு வளர்ச்சியடைகின்றன.

எம்பயாப்டிரா வரிசையைச் சேர்ந்த 200 பூச்சி இனங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த வரிசை கிளாத்தோடிடே, எம்பிடே, ஒலிக்கோட் டோமிடே, ஒலிஜெம்பிடே, டெர்ராட்டெம்பிடே, ஆனிசெம்பிடே, நோட்டோலைகோட்டோமிடே என் னும் 7 குடும்பங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

எம்பியா (emb'a) பொதுவினத்தைச் சேர்ந்த பூச்சிகள் 10.மி. மீட்டர் அளவுள்ள மிருதுவான உடலுடைய பழுப்பு நிறப் பூச்சிகள். இவை கடிக்கும்

வகை வாயுறுப்புகளையும் நீண்ட உடலையும், குட்டையான கால்களையும் நீளமான உணர்கொம்புகளையும் சிறிய கசர்சைகளையும் (cerci) கொண்டுள்ளன. ஆண் பூச்சிகளில் மட்டும் இறகுகள் உள்ளன.

எம்பியா பிராமினா (embia brahmina) எ. மேஜர் (E. major), எ. லேட்ரியல்லி (E. latreilli) ஒலிகோட்டோமா சாண்டர்சி (oligotoma saundersii) போன்ற பூச்சிகள் இந்தியாவில் காணப்படுகின்றன. எறும்புகளும் சிலந்திகளும் இவற்றின் முக்கிய எதிரிகளாகும்.

- அ. ஷேக்தாவூத்

எமரி

மேக்னடைட் அல்லது ஹேமடைட்டுடன் குருந்தக் கல்லும், ஸ்பீனலும் சேர்ந்த இயற்கையான கலவையே எமரி (emery) எனப்படும். இது மெருகூட்டும் பொருளாகவும், தேய்ப்புப் பொருளாகவும் பல நூற்றாண்டுகளாகப் பயன்பட்டு வருகிறது. பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டு வரை இக்கலவை மிக நெருக்கமாகவும், ஒரே சீரான தோற்றமுடையதாகவும் இருந்ததால் இது ஒரு தனியான கனிம இனமாகக் கருதப்பட்டது. இது மிகவும் கடினமாக இருப்பதால் உடைப்பதற்கு ஏற்றதாகக் காணப்படுவதில்லை. சாம்பல் நிறத்திலிருந்து கருமை நிறம் வரை வேறுபடுகிறது. இக்கலவையிலுள்ள உட்கூறு, கனிமங்களின் சார்பளவைப் பொறுத்து ஒப்படர்த்தி 3.7-4.3 வரை வேறுபடுகிறது. தூய குருந்தக் கல்லின் கடினத்தன்மை எட்டு ஆகும்.

முற்காலத்தில் நக்ஸோஸ் தீவிலுள்ள கேப் எமரி, கிரீஷியன் தீவு ஆகிய இடங்களிலிருந்து எமரி கிடைத்தது. சுண்ணாம்புக்கல் படிகம், படலப் பாறை ஆகியவற்றுடன் சேர்ந்து சீரற்ற படிவுகளாகவும், குவிவில்லை அமைப்புகளாகவும், தளர்ந்த பாளங்களாகவும் காணப்படும். ஆசிய மைனரில் பல இடங்களில் காணப்படுகிறது. குறிப்பாகக் குமாக் டாக், எப்பீசஸின் கிழக்கிலும், அலஸ்ஹெரின் அருகில் குலா என்ற இடத்திலும் காணப்படுகிறது. முற்காலத்தில் செயற்கையான தேய்ப்புப் பொருள்கள் எமரிக்கு மாற்றாகப் பயன்பட்டாலும் மணிக்கல் வெட்டுபவர்கள் தேய்ப்புப் பொருளாகவும், மெருகூட்டும் பொருளாகவும் இதை இன்றும் பயன்படுத்துகின்றனர். வில்லைகள், பட்டகங்கள், மற்ற ஒளியியல் கருவிகள் போன்றவற்றைத் தயாரிப்பதற்கு எமரி பயன்படுகிறது. எஃகைச் சாணைப் பிடிப்பதற்கும், மெருகூட்டுவதற்கும் எமரிச் சக்கரம், எமரித்தாள், எமரித்துணி போன்றவற்றை எந்திரவியலார் மட்டுமல்லாமல் மணிக்கல் வெட்டுபவரும் பயன்படுத்துகின்றனர்.

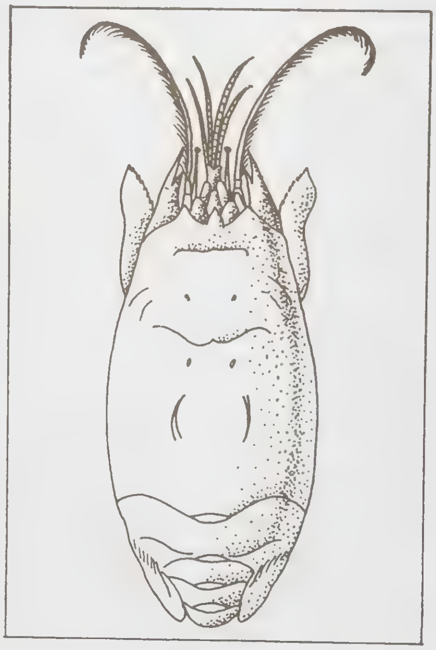
- இரா. சரசவாணி

எமெரிட்டா

கணுக்காலித் தொகுதியைச் சேர்ந்த எமெரிட்டா ஏசியாட்டிகா (Emerita asiatica) என்ற உயிரிகள் இந்தியக் கடற்கரையில் காணப்படுகின்றன. இவற்றைப் பொதுவாகத் தோண்டும் நண்டுகள் அல்லது மணல் நண்டுகள் என்று குறிப்பிடுவர். இவை கடற்கரை ஓரத்து ஈர மணற்பரப்பில் அல்லது ஓத இடைப் பகுதிகளில் வாழ்கின்றன. அலைகள் கரையில் புரளும் சமயம் அலையுடன் மிதந்தும், அலை வேகம் குறைந்து செல்லும் சமயங்களில் மணலுள் வளை தோண்டிப் புதைந்தும் வாழ்கின்றன.

எமெரிட்டாவின் உடல் நீண்ட தலை மார்புப் பகுதி, வயிறு ஆகிய இரு பகுதிகளைக் கொண்டது. தலை மார்புப் பகுதி மிகவும் பெரியதாகவும், மேல் ஓடு மூடியும் அமைந்திருக்கும். இப்பகுதியை மறைத்துள்ள மேல் ஓடு வழவழப்பாகவும், பக்கவாட்டில் அகன்றும், இணை உறுப்புகளை மறைத்தபடியும் இருக்கும்.

தலை ஐந்து கண்டங்களை உடையது. தலையில் காம்புடைய இரு கண்களும், இரு கிளையுள்ள குறு



கிய துணை உணர் கொம்புகளும், நீண்ட உணர் கொம்புகளும் உள்ளன. மூன்று இணை வாயுறுப்புகள் மிகவும் வளர்ச்சியடையாத குறுகிய நிலையில் உள்ளன. மூன்றாம் தாடைக்கால் சிறிது அகன்று உள்ளது.

மார்புப் பகுதி எட்டுக் கண்டங்களைக் கொண்டுள்ளது. முதல் இரு கண்டங்களில் உள்ள இணையுறுப்புகள் நகங்களைக் கொண்டுள்ளன. இவை மணற் பகுதியில் தோண்டுவதற்குப் பயன்படும்படி தட்டையாகவும் வளைந்தும் இருக்கும். பின் ஐந்து இணையுறுப்புகளும், நுனி மடல் கூர்முனையுடன், முன்புறம் நோக்கியபடி அமைந்துள்ளன. இறுதிக் கண்டத்தில் உள்ள இணை உறுப்பு குறுகிக் காணப்படுகிறது. ஒவ்வோர் இணை மார்புறுப்புடனும் ஒரு செவுள் இணைந்து காணப்படுகிறது.

வயிற்றுப் பகுதி ஆறு கண்டங்களைக் கொண்டது. முதல் மூன்று கண்டங்களிலுள்ள இணை உறுப்புகள் நீந்துவதற்கு ஏற்றவாறு அமைந்துள்ளன. இவற்றின் ஒத்தியக்கத்தால் உருவாகும் நீரோட்டம் செவுள்களின் வழியாகக் கடந்து சென்று சுவாசத்திற்குப் பெரிதும் துணை புரிகின்றது. பின் மூன்று இணை உறுப்புகள் பின்புறம் நோக்கியவாறு அமைந்துள்ளன. எமெரிட்டா பின்புறம் நோக்கி மிக வேகமாக நீந்துவதற்கு ஏற்றவாறு இவை அமைந்துள்ளன.

மண்புழுவைப் போன்று இவை மண்ணுள் தோண்டி உட்செல்லும்போது மணலை விழுங்கி அதிலுள்ள உணவை உட்கொண்டு பின்னர் மீதியை வெளியே தள்ளிவிடுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

எமெரிட்டா ஓத இடைப்பகுதியிலும் கடற்கரைப் பகுதிகளிலும் வாழ்வதால் எப்போதும் அலைகளின் இயக்கத்தைச் சார்ந்து வாழ வேண்டும். அதனால் அப்பகுதியில் நன்கு வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்புகளை இவை பெற்றிருக்கின்றன. தேவையான நேரங்களில் முன் வயிற்றுப் பகுதியிலுள்ள உறுப்புகளால் நீந்தும். பின் வயிற்று உறுப்புகளால் பின் நோக்கி வேகமாக அம்பு போல் நீந்தவும் செய்யும். அலைகள் கடலை நோக்கித் திரும்பும் சமயங்களில் மணலின் மேற்பரப்பு உலரத் தொடங்குகிறது. அப்போது இவை மார்புப் பகுதியில் உள்ள உறுப்புகளைக் கொண்டு தோண்டியும், வால்பகுதியிலுள்ள உறுப்புகளைக் கொண்டு துளைத்தும் தம் உடல் ஈரத்தைப் பாதுகாத்துக் கொள்கின்றன. இவ்வாறு மணலுள் புதையுண்டு இருக்கும் சமயங்களில் உணர்கொம்புகளும் கண்களும் மணலின் பரப்பில் காணப்படும். இரவில் உயர் ஓதத்தின் காரணமாக மணற்பகுதி மூழ்கும் நேரங்களில் எமெரிட்டாவின் இயக்கம் வழக்கத்தை விடக் கூடுதலாக இருக்கும். ஆய்வுக் கூடங்களில் இவற்றை வைத்திருக்கும் சமயங்களில் கூட இரவு நேரங்களில் அதிக இயக்கத்துடன் இருப்பதாக அறியப்படுகிறது.

- எஸ். கே. வள்ளி

எர்க்

அலகு முறையில் ஆற்றலுக்கான ஓர் அலகு எர்க் (erg) ஆகும். ஒரு டைன் விசையுடன், விசை செயற்படுபுள்ளி, செயற்படு திசையில் ஒரு செண்டிமீட்டர் தொலைவு நகருமானால், அதற்காகச் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு ஓர் எர்க் ஆகும். SI அலகுமுறையில் ஆற்றலுக்கான அலகு ஜூல் எனப்படும். ஒரு நியூட்டன் விசையுடன், விசை செயற்படு புள்ளி, செயற்படு திசையில் 1 மீட்டர் தொலைவு நகருமானால், அதற்காகச் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு 1 ஜூல் எனப்படுகிறது.

(1 ஜூல் = 1 நியூட்டன் × 1 மீட்டர் = 10^5 டைன் × 10^2 செ.மீ. = 10^7 எர்க்).

- மெ. மெய்யப்பன்

எர்காட்

இது பூசணத்தால் ஏற்படும் இழை முடிச்சு (sclerotium) ஆகும். கிளாவிசெப்ஸ் ப்ரபூரியா (*glavicaps purpurea*) என்ற பூசணம் ரை என்ற தானியப்பயிரின் கதிரிலும், கிளாவிசெப்ஸ் மைக்ரோசெபேலே (*claviceps microcephala*) என்றபூசணம் கம்பு என்ற தானியப் பயிரின் கதிரிலும் எர்காட் (ergot) இழை முடிச்சுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

பூசணம் செடியின் மலரைத் தாக்கும்போது மலரின் சூல்பை பாதிக்கப்படுகிறது. அதனுள் பூசண இழைகள் பல்கிப் பெருகி அவற்றிலிருந்து சிறிய தூள் வித்துத்தண்டுகள் (conidiophores) தோன்றுகின்றன.

எர்காட்

1. தானியக்கதிர் 2. எர்காட்

நாளடைவில் பூசண இழைகள் ஒன்று சேர்ந்து கரும்பழுப்புநிற இழை முடிச்சுகள் ஏற்படுகின்றன. இந்த இழை முடிச்சை எர்காட் என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இவ்வ நேராகவோ வளைந்தோ கடினமான அமைப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. இழை முடிச்சு முளைத்து வெளிவரும் வித்துக் குடுவையில் (perithecia) நீண்ட நிறமற்ற உள்வித்துக் கூடுகள் (asci) உண்டாகின்றன. உள்வித்துக்கூடு ஒவ்வொன்றிலும் எட்டுக்குடுவை உள்வித்துகள் (ascospores) உண்டாகின்றன.

இவ்வித்துகள் காற்றின் மூலம் பரவிப் பூக்களிலுள்ள சூல்பையைப் பாதிக்கின்றன. நாளடைவில் பாதிக்கப்பட்ட கதிர்களிலிருந்து பழுப்பு நிறத்தில் இனிப்பான தேன் போன்ற நீர்மம் சொட்டுச் சொட்டாக வடிந்து கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். இதற்குத் தேன் பனி நிலை என்று பெயர். பின்பு பூஞ்சையின் இழைகள் கெட்டியாகி அடர் பழுப்பு நிறத்தில் காய்ந்து விடுகின்றன. நாளடைவில் தானியத்திற்கு மாற்றாகக் கரும்பச்சைநிற எர்காட் என்னும் இழை முடிச்சுகள் தோன்றுகின்றன. இவை தானியத்தை விடப் பெரியவையாகவும் நீண்டும் காணப்படும்.

மண்ணில் விழுந்துள்ள எர்காட் முளைத்து வெளிப்படுத்தும் குடுவை உள்வித்துகள் முதலில் பூக்களின் சூல்பையில் நுழைந்து அறிகுறியைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஒரு செடியிலிருந்து பிற செடிகளுக்குத் தூள்வித்துகள் பரவி அறிகுறியைத் தோற்றுவிக்கின்றன. பூச்சிகள் மூலமும் மழைத்துளிகள் விழுந்து சிதறும் பொழுதும் தூள்வித்துகள் பரவுகின்றன.

எர்காட்களில், எர்கோட்டாக்சின், எர்கோட்டாமின், எர்கோமைட்ரின் போன்ற அல்கலாய்டுகள் அடங்கியுள்ளன. எனவே தானியங்களுடன் எர்காட்கள் கலந்திருந்தால் அவற்றைக் கவனியாமல் மிகுதியாக உட்கொள்ளும்போது கேடு விளைகிறது. உடம்பின் உட்சென்ற எர்காட்டால் உடல்நிலை பாதிக்கப்பட்டுத் தாகம், வயிற்றுவலி, வாந்தி, வயிற்றுப் போக்கு, மூளைக்குழப்பம் ஆகிய அறிகுறிகளும் சில சமயங்களில் ஏற்படலாம். குறிப்பாக இது கண்பார்வையைப் பாதிக்கும். எர்காட் அல்கலாய்டுகள் மருத்துவப் பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன. பேறு காலத்தின்போது இரத்தப் போக்கைத் தடுப்பதற்கும், கருப்பை சுருங்குவதற்கும் கருச்சிதைவின்போதும் எர்காட் பயன்படுகின்றது. எர்காட்டிலிருந்து பிரித்தெடுத்த எர்கோட்டாமின் என்ற ஆல்கலாய்டு ஒற்றைத் தலைவலியை நலப்படுத்தப் பயன்படுகின்றது.

ரை பயிர் மலர்ந்திருக்கும்போது கிளாவிசெப்ஸ் பர்பூரியா பூசணவித்துகளை நீரில் கலந்து தெளித்து எர்காட்களைத் தோற்றுவித்தல் பொதுவாகக் கையாளப்பட்டது. தமிழகத்தில் உதகமண்டலத்திலும், ஜம்மு-காஷ்மீர் மாநிலத்திலும் இதற்கான திட்டங்கள் செயல்பட்டன. அண்மைக்காலத்தில் வேதி முறையில் அல்கலாய்டு தயாரிப்பதால், பூசணத்தைப் பயன்படுத்தி அல்கலாய்டு அடங்கியுள்ள எர்காட் தயாரிப்பது கைவிடப்பட்டுள்ளது.

கம்புப் பயிரில் தோன்றும் எர்காட்டால் பயிர் விளைச்சல் பாதிக்கப்படுகின்றது. குளிர் காலத்தில் கம்புப் பயிர் கதிர்விடும் போது எர்காட் மிகுதியாகத் தோன்றுகின்றது. எனவே குளிர்காலத்திலும் மழைக் காலத்திலும் கதிர் பறிக்கும் பருவத்தைத் தவிர்க்க விதைப்புக் காலத்தை மாற்றியமைக்கலாம். கதிரில் எர்காட் அறிகுறியான தேன்பனிநிலை தென்பட்ட உடனேயே அக்கதிர்களைப் பிடுங்கி அழித்துவிட வேண்டும். கதிர் பறிக்கும் சமயத்தில் டைத்தேன் எம் 45 என்ற பூசணக் கொல்லியை ஏக்கருக்கு 400 கிராம் வீதம் தெளிப்பதால், பயிரில் ஏர்காட், தோன்றுவதைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

- கா. சிவப்பிரகாசம்

எர்காட் நச்சு

கம்பு போன்ற கூல வகையைச் சார்ந்த கிளாவிசெப்ஸ் பர்பூரியா என்னும் காளானால் ஏற்படும் நச்சு விளைவுகளை எர்காட்டிசம் (ergotism) என்பர். இதில் இரண்டு வகைகள் உள்ளன. அவை அழுகிய நசிவு வகை (gangrene), தசை இறுக்கங்களும் வலிப்புகளும் கொண்ட நரம்பு வகை என்பன.

கிளாவிசெப்ஸ் பர்பூரியா கூல வகைக் கம்பால் செய்யப்பட்ட ரொட்டியைச் சாப்பிடுவதால் எர்காட் நச்சு உண்டாகிறது. எர்காட் என்ற மருந்து கருப்பையின் மீது வினைபுரியும் ஒரு மருந்தாகும். கருச்சிதைவு உண்டாகக் கொடுக்கப்படும் எர்காட்டால் அழுகிய நசிவு நிலை உண்டாகிறது. ஒற்றைத் தலைவலிக்கு எர்காட் கொடுக்கப்படும் போதும் இந்த நச்சு விளைவு உண்டாகலாம். அப்போது கால்களில் வலி, மரத்துப் போகுந் தன்மை, கைகால் விரல்கள் வெளிறிக் குளிர்தல் ஆகிய நிலைகள் தோன்றலாம். பிரான்ஸ், ஜெர்மனி, ஸ்வீடன் போன்ற நாடுகளில் சிலசமயம் எர்காட் நச்சு கொள்ளை நோயாகத் தோன்றுகிறது. அழுகிய நசிவு வகை மேற்கு நாடுகளில் ஏற்படுகிறது. நரம்பு வகை, ரைன் நதிக்குக் கிழக்கேயுள்ள நாடுகளில் தோன்றுகிறது.

எர்கோடாக்சின் அல்லது எர்கோட்டமின் ஆகியவற்றின் நச்சு விளைவால் அழுகிய நசிவு நிலை தோன்றினாலும், வலிப்புடன் கூடிய நரம்பு வகை, எர்காட் தவிர வேறு ஏதோ இனந்தெரியாத ஒரு பொருளால் உண்டாவதாகத் தெரிகிறது. இத்துடன் உணவில் வைட்டமின் A குறைபாடும் ஒரு காரணமாகக் கருதப்படுகிறது.

வலிப்புடன் கூடிய நரம்பு வகை எர்காட் நச்சு விளைவில், தண்டு வடமும், புற நரம்புகளும் நசித்துக் காணப்படுகின்றன. அழுகிய நசிவு நிலையில் இரத்த நாளங்களின் உள் உறை நலிவடைந்து இரத்த உறைகட்டி அடைப்புடன் காணப்படும்.

எர்க்காட்டிசம் மிகுவிரைவாகவோ படிப்படியாகவோ உண்டாகலாம். அழுகிய நசிவு நிலைக்கு முன்னர் எரிச்சலுடன் கூடிய வலி உண்டாகும். இதைப்புனித அந்தோனியின் நெருப்பு என்கின்றனர். இது, நகங்கள், கை கால் விரல்களைப் பாதிக்கலாம். நரம்பு வகை எர்காட்டிசத்தில் கை கால்கள் மரத்துப் போகின்றன; பக்கவாதம், இரு பாத வாதம் ஆகியுவை உண்டாகின்றன,

- அ. கதிரேசன்

எர்ப் இருகால் வாதம்

மேக நோய், மூளையுறையையும் இரத்த நாளங்களையும் பாதிப்பதால் மூளையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் உடல் முழுதும் உண்டாகின்றன. தண்டு வடத்தின் இரத்த நாளங்களும் உறைகளும் பாதிக்கப்படுகின்றன. தண்டு வடத்தின் மூளை உறை இரத்த நாள நைவுகள் மெதுவாகவே தொடங்குகின்றன. படிப்படியாகச் செயலிழப்பு அதிகரித்து, உணர்வுகளும் மரத்துப் போகின்றன. தண்டு வட நைவுகளில் பல வகைகள் தோன்றுகின்றன. கோபுரப் பாதை, மேக நோயால் பாதிக்கப்படும்போது உண்டாகும் இருகால் வாதத்தையே எர்ப் என்பார் விவரித்தார் இதில் இருகால்கள் செயலிழப்போடு தசைகளின் விறைப்புத் தன்மையும், நாண் அனிச்சைகளின் மிகையான துடிப்பும் இருப்பதுடன் பெபின்ஸ்கியின் அறிகுறியும் நேர்முறையாக (+) இருக்கிறது. மேக நோய்க்கான மருத்துவமே இந்நோய்க்கும் மேற்கொள்ளப்படும்.

- அ. கதிரேசன்

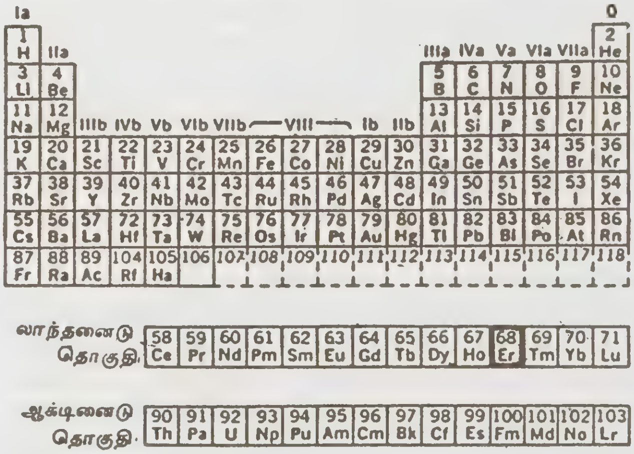
எர்பியம்

இது தனிம வரிசை அட்டவணையில் லாந்தனைடு வரிசையில் பதினோராம் (ஹோல்மியத்திற்கு அடுத்துள்ள) தனிமம். இதன் குறியீடு Er; அணு எண் 68; அணு எடை 167.26.

இவ்வுலோகத் தனிமம் முதன்முதலில் 1843-இல் சி. ஜி.மொசாண்டர் என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு இதன் ஆக்சைடிற்கு டெர்பியா என்று பெயரிடப்பட்டது. தொடக்க நாளில் டெர்பியா அல்லது எர்பியா என்று வழங்கப்பட்டு வந்தாலும் 1860 ஆம் ஆண்டிலிருந்து இதன் ஆக்சைடு எர்பியா என்றே குறிப்பிடப்பட்டு வருகிறது. அர்பெயின் என்பவரால் 1905இல் தூய நிலையில் இத்தனிமம் பெறப்பட்டது. 1934ஆம் ஆண்டு கிளெம், பொம்மர் ஆகிய இருவரும் நீரற்ற எர்பியம்குளோரைடு சேர்மத்தைப் பொட்டாசிய ஆவியைக் கொண்டு குறைத்து, தூய உலோகமாக எர்பியத்தை முதலில் பெற்றனர்.

செனோடைம், யூசெனைட் போன்ற அரும்மண் தாதுக்களில் சிறிதளவுள்ள எர்பியம், அயனிப்பரிமாற்ற முறையில் தற்போது பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. அணுக்கருப் பிளப்பு வினைகளில் உண்டாகும் விளைபொருள்களிலும் சிறிதளவு எர்பியம் உள்ளது.

உலோக நிலையிலுள்ள எர்பியம் மென்மையானது; தகடாகும் தன்மை உடையது; வெள்ளியை ஒத்த பளபளப்பு உடையது; காற்றினால் வெகுவாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அதன் உருகுநிலை 1802K; கொதிநிலை 3136K; இயற்கையில் கிடைக்கும் எர்பியத்தில், ஆறு நிலையான ஐசோடாப்புகள்



உள்ளன. அவை, Er^{162}(0.136%), Er^{164} (1.56%), Er^{166} (33.61%) Er^{167} (22.94%), Er^{168} (27.07%) Er^{170} (14.88%); இவற்றைத் தவிர, கதிர்வீசும் தன்மையுடைய ஒன்பது எர்பியம் ஐசோடோப்புகள் செயற்கை முறைகளால் பெறப்பட்டுள்ளன.

எர்பியம் ஆக்லேட்டை அல்லது நைட்ரேட்டை சூடுபடுத்தும்போது கருஞ்சிவப்பான எர்பியம்

செஸ்குயி ஆக்சைடு (Er_2O_3) கிடைக்கிறது. இது அமிலத்தில் கரைந்து சிவப்பு நிற உப்புகளைக் கொடுக்கிறது. இதன் உப்புகள் காந்த ஈர்ப்புத் தன்மை உடையவை. எர்பியம் அயனிகள் மூவிணைதிறன் கொண்டு விளங்குகின்றன. குறைந்த வெப்பநிலையில் இவ்வுலோகம் எதிர் அயக்காந்தத்தன்மையுடையதாகவும் மிகவும் குறைவான வெப்பநிலையில் அயக்காந்தத்தன்மையுடையதாகவும் உள்ளது.

இளஞ்சிவப்பு வண்ணக் கண்ணாடி செய்யவும் பீங்கான் பொருள்களின் மீது வண்ணம் பூசவும் எர்பியம் ஆக்சைடு பயன்படுகிறது. சிறிதளவு எர்பியம் சேர்ந்த வனேடிய உலோகக் கலவை, குறைந்த கடினத்தன்மை பெற்றுள்ளதால், இது எளிதில் பல பொருள்கள் செய்ய உதவுகிறது.

- நெ. சு. ஞானப்பிரகாசம்

எர்மின்

பாலூட்டிகளின் வகுப்பைச் சேர்ந்த ஊனுண்ணி விலங்குகளுள் எர்மினும் (mustela ermina) ஒன்று. இவை ஆசியா, ஐரோப்பா, வட அமெரிக்கா, கிரீன் லாந்த் ஆகிய பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. மஸ்டெலா எர்மினியா, அல்ஜிரியா என்ற உள்ளினம் (mustela, erminea, algeria) அல்ஜீரியாவில் காணப்படுகிறது. இவ்விலங்குகள் புல்வெளிகள், ஆற்றுப் படுகைகள், பயிர் நிலங்கள் போன்ற வாழிடங்களிலும், காடுகளில் 3400 அடி உயரம் வரையிலும் வாழ்கின்றன. பாறை இடுக்குகளிலும், கற்களுக் கிடையிலும் மற்ற விலங்குகளின் வலைகளிலும் வாழ்கின்றன. இவை பெரும்பாலும் அந்திப்பொழுதிலும் இரவிலும் வெளியில் நடமாடுகின்றன. எர்மின்கள் பொதுவாகத் தனித்து வாழ்கின்றன.

எர்மின் ஏறக்குறைய 43 செ. மீ. நீளமுள்ளது. ஆண் எர்மின்கள் பெண் எர்மின்களை விட உருவில் பெரியவை. ஆணின் எடை 100-500 கிராம் வரையும் பெண் எர்மினின் எடை 80- 300 கிராம் வரையும் உள்ளன. உடல் மயிர் செம்பழுப்பு நிறங்கொண்டது. உடலின் கீழ்ப்புறம் வெண்மையாகவும் தொண்டைப் பகுதி வெளிர் மஞ்சள் நிறமாகவும் காணப்படும். வால் செம்பழுப்பு நிறமானது; வாலின் நுனியில் நீண்ட கருநிற மயிர்கள் அடர்த்தியாகக் குஞ்சம் போன்று அமைந்துள்ளன. இதன் கால்கள் குட்டையானவை. இவை ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்புள்ள இடத்தில் வாழ்கின்றன. இந்தப் பரப்பளவின் எல்லை மலப்புழைச் சுரப்பிகளிலிருந்து வெளிவரும் ஒருவகைச் சுரப்பியின் மணத்தினால் குறிக்கப்படுகிறது.

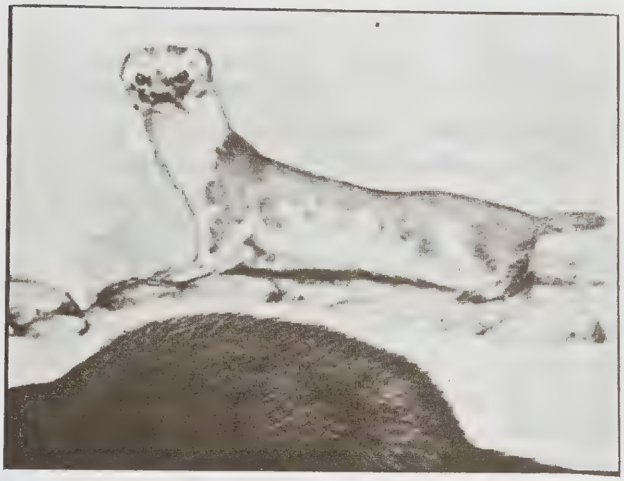
எர்மின்கள் மிகவேகமாகத் தாவிச் செல்லும் இயல்புடையவை. இவ்வாறு ஓடும்போது ஒரே தாவலில் ஒரு மீட்டர் தொலைவைக் கடந்து செல்கின்றன. இவை ஒரே நேரத்தில் முன்கால்களையும், பின்கால்களையும் தூக்கியவாறு விரைவாகத் தாவி ஓடுவதால் தரையின் மீது சரிந்து ஓடுவது போலத் தோற்றமளிக்கின்றன. ஓடும்போது இடையிடையே நின்று முன்கால்களைத் தூக்கிப் பின் கால்களையும் வாலையும் தரையில் ஊன்றி நின்று சுற்றுப்புறத்தை நோட்டமிடும். மோப்பம், ஒலியறிதல், பார்வை ஆகிய மூன்று வகை உணர்வுகளாலும் இது இரையை அறிந்து கொள்கிறது.

எர்மின்கள் எலி, அணில், முயல், பறவை, மீன், பூச்சி போன்றவற்றை உண்பவை. இரையைப் பார்த்தவுடன் எர்மின் கழுத்தை முன்னோக்கி நீட்டி, தலையைத் தரையை ஒட்டியவாறு வைத்துக் கொண்டு இரை விலங்கு எழுப்பும் ஒலியைக் கொண்டு அதை நோக்கிச் செல்கிறது. இரை விலங்கு தரைக்கடியில் இருப்பதை அது உண்டாக்கும் ஒலியைக் கொண்டோ தன் மோப்ப உணர்வாலோ அறிந்து கொண்டால் உடனடியாகத் தரையைத் தோண்டும். சில மீட்டர் தொலைவிலுள்ள இரையைப் பார்த்து விட்ட எர்மின் அதைத் துரத்திச் சென்று அதன் தலையைக் கவ்விக் கொண்டு, பின் கால்களால் இரை விலங்கை இறுகப் பற்றிக்கொண்டு

அது தப்பிச் செல்லாமல் தடுக்கிறது. விரட்டிச் செல்லப்படும் விலங்கு நீரில் குதித்துத் தப்பிச் செல்ல முயன்றாலும் எர்மின் பின் தொடர்ந்து சென்று பிடித்து விடுகிறது. எர்மின் கவ்விப் பிடிக்கும்போது கோரைப்பற்கள் இரை விலங்கின் மண்டை ஓட்டைத் துளைப்பதால் அது விரைவில் இறந்து விடுகிறது. இரை இறந்தவுடன் எர்மின் அதன் பிடியைத் தளர்த்திக் காயங்களிலிருந்து வடியும் குருதியை நக்கி உண்ணுகிறது. பின்பு அதை மறைவிடத்திற்கு இழுத்துச் சென்றுவிடும். எர்மின் பசிக்காவிட்டாலும் கண்ணில் படும் இரை விலங்குகளையெல்லாம் கொன்று வீழ்த்துகின்றது. மனிதக் குடியிருப்புகளிலுள்ள கோழி, முயல் கூண்டுகளுக்குள் நுழைந்து விடும். எர்மின்கள் கோழிகளையும், முயல்களையும் கடித்துக் கொன்றவுடன் களைத்துப்போய் கூண்டுக்குள்ளேயே தூங்கி விடுவதுமுண்டு. ஆந்தை, நாய் பூனை ஆகியன தவிர, மனிதர்களும் எர்மின்களின் இயற்கையான எதிரிகள். இது எதிரிகளைத் தாக்கும் போது கடுமையாகக் கூச்சலிடுகின்றது. மேலும் இது மனிதர்களையும் தாக்கும் திறன் பெற்றது.

மார்ச் மாதத்திலும், ஜூன்-ஜூலை மாதங்களிலும் ஆக ஆண்டுக்கு இரு முறை இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகிறது. ஏனைய பருவங்களிலும் நிகழும் இனச் சேர்க்கையின் போது பெண் எர்மின்கள் கருத்தரிப்பதில்லை. இளவேனில் காலத்தில் கரு ஒட்டுதல் நடைபெறுகிறது. கரு ஒட்டுதல் நிகழ்ந்த 20-28 நாள்களில் அதாவது மார்ச் ஏப்ரல், மே மாதங்களில் பெண் எர்மின் 3-13 குட்டிகளை மரப்பொந்துகளில் ஈனுகிறது. பெண் விலங்கு ஆண்டுக்கொருமுறை மட்டுமே

எர்மின் அ. கோடைகாலத்தில்



ஆ. குளிர்காலத்தில்

குட்டிகளை ஈனும். இவற்றின் கருக்காலம் 20-28 நாளாகும். குட்டிகளை அவற்றின் தாய் பேணிக் காக்கிறது. குட்டிகள் மிருதுவான வெண்ணிற மயிருடன், கண் திறவாத நிலையில் பிறந்த இருபது நாள்களில் வாலின் நுனியில் கருநிற மயிர்க்குஞ்சம் தோன்றுகிறது. இருபத்தேழு நாள்களில் கண்கள் திறக்கின்றன. தாய், குட்டிகளுக்கு ஆறு வாரங்கள் பாலூட்டுகிறது. ஆனால் கண் திறவாத நிலையிலேயே இறைச்சியையும் ஊட்டுகிறது. அவ்வப்போது வெளியில் செல்லும் குட்டிகளைத் தாய் மீண்டும் இருப்பிடத்திற்கு இழுத்து வருகிறது. இரண்டு, மூன்று குடும்பங்கள் சேர்ந்து இரையைத் தேடிச் செல்கின்றன. இலையுதிர் காலத்தில் குடும்பத்தினுள் பெற்றோர்களும் குட்டிகளும் பிரிந்து செல்கின்றன. பெண் குட்டிகள் 3,4 மாதங்களிலும் ஆண் குட்டிகள் ஓர் ஆண்டிலும் இன முதிர்ச்சியடைகின்றன.

எர்மின் நிறம் பருவத்திற்கேற்றவாறு மாற்றமடைகிறது. ஆண்டுக்கு இரு முறை இவ்வாறான நிறமாற்றம் நடைபெறுகிறது. உலகின் வட பகுதிகளில் கோடைக்காலத்தில் செம்பழுப்பு நிறத்திலுள்ள எர்மின்கள் குளிர் காலத்தில் வெண்ணிறம் பெறுகின்றன. செம்பழுப்பு நிற மயிர்களின் அடியில் வெண் மயிர்கள் வளர்வதால் நிறமாற்றம் மிகவேகமாக நடைபெறுகிறது. கோடைக்காலத்தில் இலைச் சருகுகளிடையில் வாழும்போதும் குளிர்காலத்தில் உறைபனிப் பின்புலத்தில் வாழும்போதும் எர்மின்கள் காலத்திற்கேற்ற சூழலில் இயைந்து வாழ இந்த நிறமாற்றம் உதவுகிறது.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

எரிகலப்பி

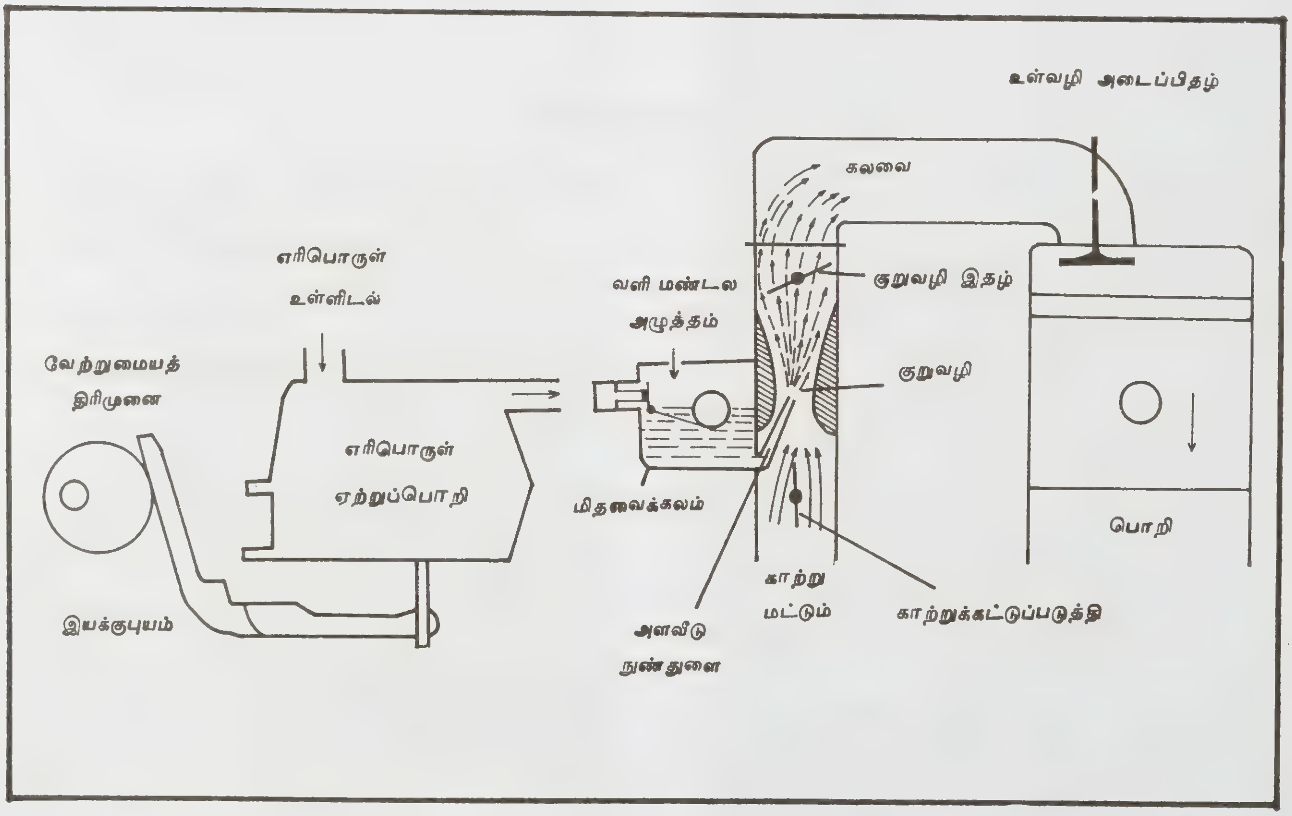
எரிவதற்குரிய எரிபொருள் கலவை தயாராகும் முறையைக் கொண்டு உட்கனற் பொறிகள் இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் மின்பொறி எரிபற்றுப் பொறி (spark ignition engine) ஒன்றாகும். தற்காலத்தில் அனைத்து வகை இரு சக்கரத் தானியங்கி வண்டிகளும், சிற்றுந்து வண்டிகளும் இவ்வகைப் பொறிகளாலேயே இயக்கப்படுகின்றன. இவ்வகைப் பொறிகளில் காற்றும் எரிபொருளும் தேவைக்கேற்ற விகிதத்தில் கலக்கப்பட்டு எரி கலத்தினுள் (combustion chamber) செலுத்தப்பட வேண்டும். இவ்வாறு காற்றினையும் எரிபொருளையும் எரிகலத்திற்கு வெளியே தகுந்த விகிதத்தில் கலந்து எரிகலத்தினுள் செலுத்தும் கருவி எரிகலப்பி (carburettor) எனப்படுகிறது. இது மின்பொறி எரிபற்றுப் பொறியின் முக்கியமான துணைக் கருவியாகும்.

பணி. முழுமையாக எரிவதற்கு இக்கலப்பியையே பொறி சார்ந்திருக்கிறது. எனவே, இக்கலப்பியின் பணி இன்றியமையாத ஒன்றாகும். மாறா நிலை யளவில் ஒரே மட்டத்தில் எரிபொருளினைத் தேக்கி வைத்திருத்தல், எரிபொருளை முதலில் நுண் துகளாக்கி (பின்னர் ஆவியாக்கி) ஒரு படித்தான எரிகலவையை(nomogencous mixture) உருவாக்குதல், பொறியின் இயக்கத்துக்குத் தகுந்தவாறு எரிகலவை யின் அளவைக் கட்டுப்படுத்தக் கூடியதாக இருக்கச் செய்தல், எவ்வெப்ப நிலையிலும் பொறியின் இயக் கத்தை எளிதாக இருக்கச் செய்தல், பொறியை இயங்குநிலைகளுக்கேற்றவாறு உடனடியாகச் செயல் படச் செய்தல் ஆகியவை இக்கருவியின் சில முக்கிய பணிகளாகும். ஒரு பொறியிலிருக்கும் எரிகலப்பிகள் ஒரே மாதிரியான இயக்கம், அமைப்பைக் கொண் டிருக்க வேண்டும். எளிதான மேலும் அவ்வப் போது ஏற்படக் கூடிய குறைகள் எளியமுறை யில் தீர்க்கப்படும்படியாகவும் இருக்கவேண்டும்.

வளிமண்டல வேறுபாடுகளுக்கு தகுந்தவாறு இயங்கவேண்டும். மேலும் வளிமண்டலத்தில் ஏற் படும் தீவிர மாறுதல்களினால் தாக்கமுறாவண்ணம் இருக்க வேண்டும்.

அமைப்பு: எரிகலப்பியின் எளிய அமைப்பு படம் 1-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எளிய அமைப்புள்ள எரிகலப்பியின் முக்கிய பாகங்கள், மிதவைக்கலம் (float chamber) குறுவழி (venturi) குறுவழி இதழ் (throttle) காற்று கட்டுப்படுத்தி (choke) ஆகியன.

மிதவைக் கலம். எரிகலப்பியில் எப்போதும் எரி பொருளின் அளவை ஒரே மட்டத்தில் இருக்குமாறு பாதுகாப்பதுதான் மிதவைக்கலத்தின் முக்கிய பணி ஆகும். எரிபொருளை இவ்வாறு ஒரே மட்டத்தில் தேக்கி வைக்க ஓர் உள்ளீடற்ற பித்தளை மிதவையும், இதன் கட்டுப்பாட்டின் கீழ் இயங்கும் ஓர் ஊசி அடைப்பிதழும் மிதவைக்கலத்தினுள் அமைக்கப் பட்டிருக்கும். மிதவைக் கலத்தின் மேற்பகுதியில், எரிபொருள் வரும் வழியான உள்வழிக்கு நேராக மிதவையின் மேல் இந்த ஊசி அடைப்பிதழ் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கலத்தினுள் எரிபொருளின் அளவு அதிகமாகும்போது, அதில் மிதக்கும் மிதவை சிறிது சிறிதாக மேலேற ஊசி அடைப்பிதழ்



படம் 1. எரிகலவை செலுத்தப்படல்

எரிபொருளின் உள்வழியை அடைத்துவிடும். கலத்திற்கு வரும் எரி பொருள் முழுமையாக நிறுத்தப்படும். எரிபொருளின் அளவு குறையும்போது மிதவையும் கீழிறங்குவதால், கலத்தின் உள்வழி திறக்கப்பட்டு எரிபொருள் கலத்தை அடையும். இவ்வாறாக ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மட்டத்தில் கலத்தினுள் எரி பொருள் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. கலத்தின் மேற் பரப்பிலுள்ள ஒரு சிறு துளையினால் எரி பொருள் எப்போதுமே வளிமண்டல அழுத்தத்துடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கும்.

குறுவழி. எந்த ஒரு நீர்மமும் தான் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் பாதையில் சிறு வேறுபாடு ஏற்பட்டாலும் (பாதையின் குறுக்களவு குறைக்கப்பட்டால்) குறைந்த அழுத்தமும் அதிக வேகமும் பெறும். இம் மாற்றம் தொடர்ந்தால் நீர்மத்தின் அடர்த்தி குறையக்கூடும். ஆனால் பொறியின் உருளைகளுக்கு அதிக அடர்த்தியுள்ள எரிகலவை செலுத்தப்பட வேண்டும். இதனால் எரி கலப்பியில் மேற்சொன்ன பாதை வேறுபாடு, குறுவழி என்ற வடிவில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

உறிஞ்சு வீச்சின்போது காற்று குறுவழியின் வழியே அதிக வேகத்துடனும், குறைந்த அழுத்தத்துடனும் செல்கிறது. இந்த எரிகலப்பிக் குறையழுத்தத்தினால் (carburettor depression) எரிபொருள், தாரையின் (jet) வழியே உறிஞ்சப்படுகிறது. இந்தத் தாரை குறுவழியின் நடுவில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தாரையின் மறுமுனை மிதவைக் கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறாகத் தாரையின் வழியே வரும் எரிபொருள் குறுவழியினுள் அனுப்பப்படும். காற்றினால் சிறுதுகள்களாக்கி ஆவியாக்கப்படுகிறது. எரிபொருள் ஆவியாவது அதன் தன்மை, வெப்பநிலை, காற்றின் திசைவேகம், குறுவழியின் அழுத்தம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது.

குறுவழிக் கதவு. தாரைக் குழலின் மேற்பகுதியில் அமைந்திருக்கும் இந்தக் குறுவழிக் கதவு, பொறியின் உருளைக்குச் செலுத்தப்படும் எரிகலவையின் அளவினைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. சில எந்திரவியல் இணைப்புகளால் பொறியின் முடுக்கியுடன் பொருத்தப்பட்ட இந்தக் குறுவழிக் கதவு, முடுக்கியின் இயக்கத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இக்கதவு முழுமையாகத் திறந்திருக்கும் போது, எரிகலவை அதிகமான அளவில் உருளையினுள் செலுத்தப்படப் பொறியின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. இந்த வேக அதிகரிப்பு பொறியின் திறனுக்கும், பொறியில் இணைக்கப்படும் வேலைப் பளுவுக்கும் ஒரு சமநிலை ஏற்படும்வரை தொடரும். எனவே, இக்கதவினைத் திறந்து மூடுவதன் மூலம் பெரும சுழல்வேக வேறுபாட்டை அடைய இயலும்.

வெளிக் கட்டுப்படுத்தி. ஒரு பொறி குறைந்த வெப்பநிலையில் இயக்கப்படும்போது, பின்வரும் குறைகள் காணப்படுகின்றன. குறைந்த திசைவேகமுள்ள காற்று குறுவழியின் மையத்தில் சிறு அளவு அழுத்தவேறுபாட்டையே கொடுக்கும். இதனால் குறைந்த அளவு எரிபொருளே தாரைக் குழாயின் வழியே உறிஞ்சப்படும். எரிபொருள் கலவையிலுள்ள சிறிதளவு எரிபொருள் நீர்மமாகிக் கலவை செல்லும் குழாயின் சுவரில் படிந்துவிடுவதால் கலவையின் அடர்த்தி குறைகிறது.

இக்குறைந்த அடர்த்தி, மற்றும் ஒருபடித்தான மில்லாத (non-homogeneous) கலவையால் பொறியினைச் சரிவர இயக்க இயலாது. எனவே, அதிக அடர்த்தியுள்ள கலவை குறைந்த வெப்ப நிலையில் இருக்கும் பொறியை இயக்கத் தேவைப்படுகிறது. இந்த அதிக அடர்த்தியுள்ள எரிகலவை குறுவழியுடன் கூடுதலாக இணைக்கப்படும் காற்றுக் கட்டுப்படுத்தியால் பெறப்படுகிறது. காற்றுக்கட்டுப்படுத்தி, காற்றின் உள்வழியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். காற்றுக் கட்டுப்படுத்தி பாதி திறந்திருக்கும்போது, உறிஞ்சு வீச்சினால் ஏற்படும் அழுத்தக் குறைவு அதிகமாகிறது. எரிபொருள் மிதவைக் கலத்தில் காற்று அழுத்தத்துடன் தொடர்பு கொண்டிருப்பதால், குறுவழிக் குழாயருகில் அதிக அழுத்த வேறுபாடு ஏற்படுகிறது. இதனால் அதிக அளவு எரிபொருள் உறிஞ்சப்பட்டு, பொறி இயங்க ஆரம்பிக்கிறது. பொறி இயங்கும் போது, வெப்பநிலை உயர்வின் காரணமாகக் காற்றுக் கட்டுப்படுத்தி முழுதும் திறந்து கொள்ளும். இதன் பின்னர் சரியான அளவு விகிதத்தில் எரிகலவை உருவாக்கப்பட்டு உருளைக்குள் செலுத்தப்படும்.

எரிகலப்பியினுள் காற்று செல்லும் திசையை வைத்து அதை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

மேல்வழி எரிகலப்பியில் காற்று கீழிருந்து மேல் நோக்கிச் செல்லும். கீழ்வழி எரிகலப்பியில் காற்று மேலிருந்து கீழ் நோக்கிச் செல்லும். கிடைமட்ட எரிகலப்பியில் காற்றின் ஓட்டம் கிடைமட்டமாக இருக்கும்.

எரிகலப்பியின் இணை இயக்கம். தற்காலத்தில் தானியங்கு வாகனங்களில் பொருத்தப்படும் பொறிகள் குறிப்பிட்ட வேலைச்சுமையில் மட்டுமே இயங்கும்படி இருக்கலாகாது. வேலைச்சுமை மாறக் கூடியது. அதற்கேற்றவாறு பொறியின் திறனும் சுழல் வேகமும் மாறும். எனவே, வேலைச்சுமை இல்லாதபோது பொறியில் எரிபொருளைச் சேமிக்கவும், அதிக வேலைச் சுமையில் எரிபொருளின் அளவைத் தேவையான விகிதத்தில் அதிகப்படுத்தவும் எரிகலப்பியின் பொறுப்புகளை நிறைவேற்றவும் அதில் சில முக்கிய இணை இயக்கங்கள் பொருத்தப்பட்டு இயக்கப்படுகின்றன. அவற்றுள் முக்கியமானவை முதன்மை அளவீடு இயக்கம் (main metering system), பழுவில்லா ஓட்ட இயக்கம் (idling system), ஆற்றல் பெருக்கு இயக்கம் (power enrichment system), முடுக்க எக்கி

இயக்கம், (accelerating pump system) காற்றுக் கட்டுப்படுத்தி ஆரம்ப நிலை இயக்கம்.

குறைபாடு: எரிகலப்பியில் வேலைச்சுமைக்கேற்ப எரிபொருளை அளவிட்டுக் கொடுப்பதற்குப் பல வசதிகள் இருந்தும், சில சமயங்களில் பொறியின் நிலைக்குத் தக்கவாறு எரிகலவையை செலுத்த முடிவதில்லை. ஆகாயவிமானங்களில் பயன்படும் எரிகலப்பியில் பல்வேறு குறைபாடுகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் சில: காற்றுக் குழாயில் ஏற்படும் அழுத்தக் குறைவில் ஒரு பகுதி பயன்படாமல் போகிறது. இதனால் குறுவழியும் உள்வழிப் பாதையும், காற்றின் பாய்விற்குச் சிறிது தடை கொடுக்கின்றன. இதற்காக அவற்றின் அளவைப் பெரிதாக்க முடியாது. அப்படி ஆக்கினால், எரிபொருள் நுண்துகள்களாய்த் தெளிக்கப்படுவதற்குத் தேவையான அழுத்தக் குறைவு ஏற்படாது.

எரிகலப்பியின் குறுவழியில், எரிபொருள் நுண் திவலைகளாகி ஆவியாகும்போது அவை வெளிக் காற்றின் வெப்பத்தைப் பெற்றுக் கொள்கின்றன. இதனால் வெளிக்காற்றின் வெப்பநிலை குறைந்து, காற்றின் ஈரப்பதத்திலிருக்கும் நீர் உறைந்து பனிக் கட்டியாகிவிட வாய்ப்புண்டு. இவ்வாறு குறுவழியில் ஏற்படும் வாய்ப்பு அதிகமிருப்பதால், குறுவழி பனிக் கட்டியால் அடைபட்டு பொறியின் செயல் பாதிக்கப் படலாம். எரி கலத்திலிருந்து தவறிப் பின்னோக்கி வரும் தீப்பொறி அல்லது தீச்சுடர், உள்வழிப் பாதையில் இருக்கும் எரிகலவையைப் பாதித்து எதிர்ச்சுடர் (back fire) அபாயத்தை ஏற்படுத்தலாம். எரிகலப்பியினுள் நேர் அழுத்தம் அல்லது மிகை அழுத்தம் இல்லாவிடில் ஆவித்தடை (vapour lock) ஏற்படக் கூடும். அதிக உயரமும், மித வெப்ப நிலையும் ஆவித்தடை ஏற்படச் சாதகமான நிலைகளாகும். எரிகலப்பி சாய்வாகவோ சீரான அமைப்பில் பொருத்தப்படாமலோ இருந்தால் பொறி சிறந்த முறையில் இயங்காது.

சிறந்த பங்கீட்டிற்கான வழிமுறை. பொறியில் செயல்படும் அனைத்து உருளைகளுக்கும் சம அளவான எரிபொருளைப் பிரித்துக் கொடுக்கப் பல முன்னேற்றச் செயல்முறைகள் எரிகலப்பியில் உள்ளன. அவற்றுள் முக்கியமானவை: உள்வழிப் பாதையில் முடிந்த அளவு எரிபொருளை அதிக அளவில் ஆவியாக்க வேண்டும். எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய எரிபொருள் உபயோகிக்கப்பட வேண்டும் உள்வழிப் பாதையில் வெப்ப அளவு சற்றுக் கூடியிருக்க வேண்டும். எரிபொருள் திறந்த முறையில் நுண் துகள்களாக்கப்படுதல் வேண்டும். எரிபொருள் திவலைகள் காற்றுடன் கலந்து செலுத்தப்படும் வகையில், போதிய அளவு திசைவேகம் இருக்க வேண்டும். இதற்கு உள்வழி அமைப்பு சற்றுக் குறுகியதாக இருக்கலாம். உள்வழிப் பாதையில் காற்று செல்லும், செலுத்தப்படும் முறைகளைக் கருத்திற்கொண்டு தக்க இடத்தில் எரிபொருள் கலவையைச் செலுத்தவேண்டும். உள்வழிப்பாதையில் எவ்விதமான திடீர் மாற்றமும், கூர்மையான வளைவு முனைகளும் தவிர்க்கப்பட வேண்டும். எரிகலவையில் எவ்வித மாறுபாடுகள் இல்லாதவாறும், திசைவேகத்தில் மாறுதல் இல்லாதவாறும், சிறந்த முறையில் எவ்விதத் தடையுமின்றிக் கலவை தன் பாதையில் சென்று உருளைகளை அடையுமாறும் உள்வழிப் பாதையின் உள்ளமைப்பு, சீராக இருக்க வேண்டும். குழிகளோ பிரிவுகளோ இருந்தால் எரிபொருள் துகள்கள் தேங்கிவிடலாம்.

எரிகலப்பியின் வகை. தானியங்கி உந்துகளில் பயன்படும் எரிகலப்பிகள் பல் வகைகளாக உள்ளன.

ஜெனித் (Zenith) ஜெனித்-ஸ்ரோம்பெர்க் (Zenith- Stormberg) எஸ் யு. (S.U) ஸோலக்ஸ் (Solex க்ளாடல்-ஹாப்ளின் (Clavdel-Hobsun) கார்ட்டர் (Carter) மார்வெல்-ஷெப்ளர் (Marvel-Schebler) சேன்ட்லர்-க்ரூவ்ஸ் (Chandler-grooves) டில்லட்ஸன் (Tillotson) ஃபோர்ட் (Ford T.V.O) என்பன வழக்கத்தில் உள்ளன.

மின்பொறி எரிபற்றுப்பொறியின் முதன்மை அமைப்பான எரிகலப்பியின் திட்ட அமைப்பும் வடிவமுமே, எதிர்பார்க்கும் பயனைத் தரவல்லன. தானியங்கியின் சிறந்த பயனை முழுமையாகப் பெற எரிகலப்பி முறையான வகையில் செயலாற்ற வேண்டி உள்ளது. எரிபொருள் செலவீடு கட்டுக்குள் இருக்கவும் எரிகலப்பியின் பங்கு முதன்மையானது.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எரிகேசி

இத்தாவரக்குடும்பம், டைகாட்டிலிடனஸ் எனப்படும் இருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். இக் குடும்பத்தில் 50 இனங்களும் 1350 சிற்றினங்களும் உண்டு. இவை பாலைநிலங்கள், வெப்ப மண்டல மலையுச்சிகளைத் தவிர அனைத்து இடங்களிலும் காணப்படும். ஆஸ்திரேலியாவில் இக்குடும்ப இனங்களைக் காண்பதரிது. இக்குடும்பம் பொருளாதாரச் சிறப்புப் பெற்றதன்று.

வளரியல்பு. வேர்ப்பகுதியில் மைக்கோரைஸா (mycorrhiza) தொடர்பு காணப்படுவது இக்குடும்பத்தின் சிறப்புப் பண்பாகும். பூஞ்சைகள் வேரின் திசுக்களில் காணப்படுவதால் இதை எண்டோட்

ரோஃபிக் என்பர். கேலூனா வல்காரிஸ் (calluna vulgaris) என்ற தாவரத்தின் வேரில் காணப்படும் பூஞ்சை, தண்டு மூலமாகச் சூலகம், கனி வரை பரவுவதைக் காணலாம். இவ்விதைகளே அடுத்த தலைமுறைக்குப் பூஞ்சைகளை எடுத்துச் செல்லும் கருவியாகச் செயல்படுகின்றன. இதனால் இக் குடும்பத்தின் அனைத்து இனங்களின் கனிகளிலும் பூஞ்சைகளைக் காணலாம்.

பொதுவாக இக்குடும்ப இனங்கள் மரம் போன்ற செடிகள் அல்லது சிறு செடிகளாகக் காணப்படும். ரோடோடெண்ரான் (Rhododendron) சிறு மர மாகும். சில இனங்களின் கிளைகள் சுற்றிப்படரும் தன்மை பெற்றிருக்கும். ஐரோப்பிய நாடுகளில் புதர்க்காடுகளில் (heath) எரிகேசி இனங்கள் பெரும் பான்மையாக இருக்கும். இவ்வினங்களில் பொது வாகத்தடித்த கிளைகள் மஞ்சரியில் முடியும் தன்மை பெற்றதால், பக்கக்கிளைகள் மிகுந்த எண்ணிக்கையில் சுற்றமைப்பு முறையில் தோன்றும். இப்பண்பே இதன் புதர் போன்ற தாவர அமைப்பிற்குக் காரணமாகிறது. சில இனங்களில் கிளைகள், தரைக்கீழுள்ள கிடைத்தண்டுப் பகுதி யிலிருந்து தோன்றித் தரையைப் பிளந்து கொண்டு வெளிவருகின்றன. இவ்வகையான கிளைத்தலால் இவ்வினங்களுக்கு எரிகாய்ட் (ericoid) வளரியல்பு கிடைக்கிறது. ரோடோடெண்ட்ரான் இனத்தின் நுனி மொட்டு, செதிலிலைகளால் பொருத்தமற்ற சூழ்நிலையில் பாதுகாக்கப்பட்டிருக்கும். இவற்றைப் பனிப்பருவ மொட்டுகள் எனலாம். சாதகமான சூழ் நிலையில் இம்மொட்டுகளின் அடுத்த கீழ்ப்பகுதியின் விரைந்த வளர்ச்சியில் முன் பருவ இலைப்பகுதியும் புது இலைப்பகுதியும் இலையற்ற நீண்ட கணு இடைப்பகுதிகளால் பிரிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் புதர் வகைத் தாவர இனங்களில் செதிலிலைகளைக் காண்பதரிது. மேலும் இலைகள் தொடர்ச்சியாகக் கிளைகளில் காணப்படும்.

வாக்சினியாய்டியே (vaccinioideae) இனத்தில் தொற்றுத் தாவரங்களைப் பொதுவாகக் காணலாம். இலைகள் தனித்தவை, முழுமையானவை, இலையடிச் செதில்களற்றவை, மாற்றடுக்கு, எதிரிலையடுக்கு, சுற்றிலையடுக்கு அமைப்பைக் கொண்டவை. புதர் வகைச் செடிகளில் இலைகள் ஊசி போல், நீள் போக்கில் ஆழமான பள்ளங்களைக் கொண்டிருக்கும். இலைகளின் ஓரங்கள் கீழ்நோக்கிச் சுருண்டிருக்கும். இலை தோல் போன்று தடித்து, எப்பொழுதும் பசுமையாக இருக்கும். மேல்புறத்தோல் தடித்த

ரோடோடெண்ட்ரான்

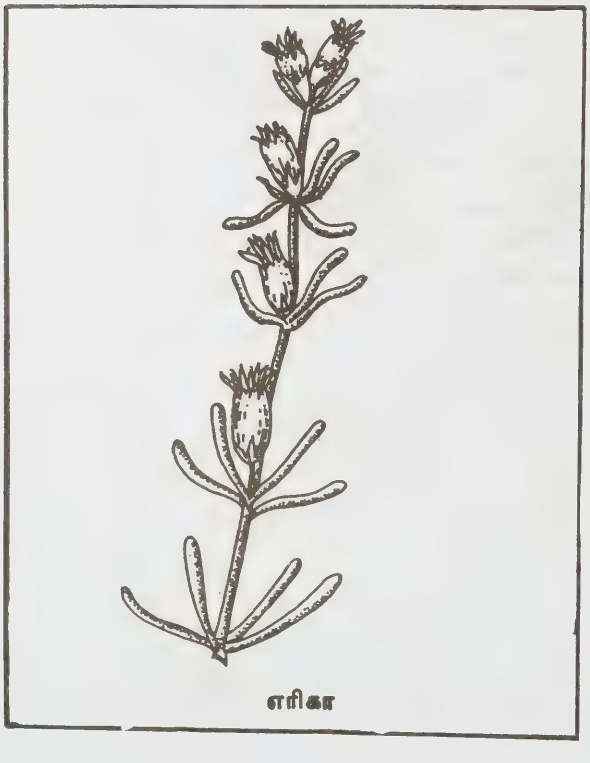
க்யூட்டிகளைக் கொண்டிருக்கும். கீழ்ப்புறத்தோல் தூவிகளோடு காணப்படும். இத்தகவமைப்புகளைக் கொண்டு எரிகே தாவரங்களை இனம் கண்டு கொள்ளலாம்.

மஞ்சரி. இலைக்கோணம் அல்லது நுனி தனி சைம்கள் கொண்டது. ரோடோடெண்ட்ரான் மலர்கள் குடைமஞ்சரி வடிவில் அமைந்திருக்கும்.

மலர். பூவடிச் செதில்கள், பூக்காம்புச் செதில்கள் கொண்டவை: இருபால் பூக்கள்; ஆனால் எபிஜியாவில் (epigea) ஒருபால், ஈரில்ல (dioecious) வகை, ஒழுங்கானவை, ஆரச்சமச்சீர் உடையவை. ஆனால் ரோடோடெண்டிரான் சற்றே ஒழுங்கற்றுக் காணப்படும். இம்மலரில் மகரந்தத்தாள்களின் நீளம் வேறுபட்டுக் காணப்படுவதுடன், அவை அல்லிக்குழல் வாயை நோக்கி வளைந்திருக்கும். பூக்கள் 4 அல்லது 5 அங்கம் கொண்டவை.

புல்லிவட்டம். பொதுவாக 4-5, பெஜேரியா (bejaria) 6-7 இதழ்கள் கொண்டவை; சில இனங் கள் தொடர்ந்து வளரக் கூடியவை.

அல்லிவட்டம். 4-5 இணைந்தவை, மணி வடிவம் அல்லது குடுவை வடிவம் (urceolate) உடையவை; நிலைத்தவை. இம்ப்ரிகேட் அமைப்பு மகரந்தத்தாள்கள்; அல்லி எண்ணிக்கையில் இரட்டித்துக் காணப்படும். இவை 8-10 இரு சுற்றிலமைந்தவை.



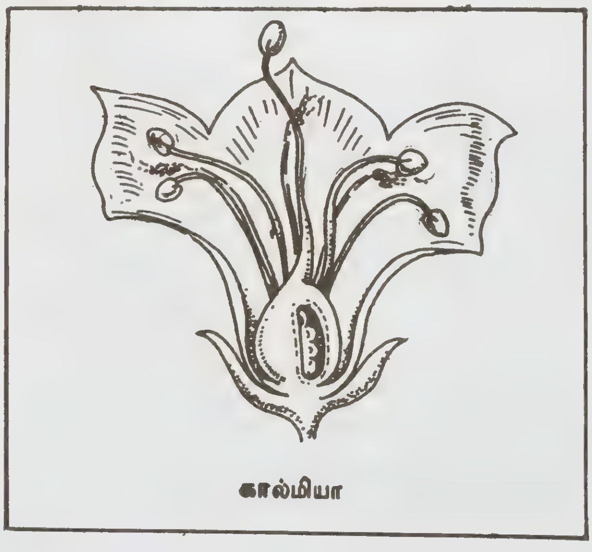
எரிகா

வெளிச்சுற்று அல்லி இதழ் எதிர்த்துக் காணப்படுவதால் அதை ஆப்டிப்லோஸ்டிமோனஸ் (obdiplostemonous) அமைப்பு என்பர். மகரந்தப்பைத் துளைகள் அல்லது வெடிப்புகள் மூலம் மகரந்தத்தூள்கள் வெளிப்படுகின்றன. மகரந்தத்தூள்கள் நான்காக இணைந்து பசை இழைகளால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மேலும் மகரந்தப்பைகள் வளர்ச்சியின்போது தலை கீழாக மாறிவிடக்கூடியவை. இதனால் அவை உள்நோக்கு அமைப்பு போல் காணப்படும்.

சூலகம். பொதுவாக 4-5 சூலிலைகளும் சூலறைகளும் உண்டு. சிமபீஸா விலும் (*sympieza*) ட்ரிபிடேலியா வில் (*Tripetaleia*) 2-3 பெஜேரியா வில் 6-7ம் இணைந்தவை; சூலகம் மேல்மட்டத்தில் இருக்கும்; ஆனால் வாக்சினியாய்டியேயில் சூலகம் கீழ்மட்டத்திலிருக்கும். சூல்கள் பல அச்சொட்டு முறையில் அமைந்தவை. எரிஜியாவில் ப்ளாசென்டாக்கள் இரண்டாகப் பிளந்திருக்கும். ஒரு சூல்தண்டு; நீண்டிருக்கும். சூல்முடி பரந்து தட்டாகவோ கிளைத்தோ காணப்படும்.

கனி. பொதுவாகப் பல்புற வெடிகனி (capsule), சதைக்கனி (berry), உள் ஒட்டுச் சதைக்கனி (drupe) வகைகளைக் காணலாம்.

கரந்தச்சேர்க்கை. பகட்டான வண்ண இதழ்கள் நறுமணமும், தேன் சுரக்கும் சுரப்பிகளும் கொண்டவை. இவை பூச்சிகளை ஈர்க்கத் துணை செய்கின்றன. தொங்கும் நிலையிலுள்ள பூக்களில் பூச்சிகள் மகரந்தப் பைகளின் நீட்சிகளைத் தீண்டுவதால், மகரந்தப் பைகள் உலுக்கப்பட்டு, நுனித் துளைகள் மூலம் மகரந்தத்தூள்கள் பூச்சிகளின் மீது தூவப்படுகின்றன. அதே இனத்தைச்சேர்ந்த மற்றொரு மலரை நாடி இப்பூச்சி செல்லும்போது, புறத்தே நீட்டிக் கொண்டுள்ள சூல்முடிகளில் பூச்சிகள் உராய்வதால் அயல் மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது கால்மியா



கால்மியா

என்ற இனத்தில் மகரந்தச் சேர்க்கை வெடி வகையைச் (explosive mechanism) சேர்ந்தது. இம்மலரின் அல்லிவட்டம் மணி போன்று இருப்பதோடு, அல்லிக் குழலின் நடுப்பகுதியில் 10 சிறு பைகளைக் கொண்டுமிருக்கும். ஒவ்வொரு பையிலும் மகரந்தத்தாளின் நுனிப்பகுதி வளைந்த நிலையிலிருப்பதைக் காணலாம். மகரந்தத்தாள்கள் தொடப்பட்டால் மகரந்தப் பைகள் விடுபட்டு, மகரந்தத் தூள்களைத் தூவிவிடும்.

வகைப்பாடு

இக்குடும்பம் கனிவகை, மகரந்தப்பை நீட்சிகள், பனிக்காலக் குருத்துகள், செதிலிலைகள், விதை - இறகு அடிப்படையில் 4 இனங்களாகப் பிரிக்கப் பட்டுள்ளது.

ரோடோடெண்ராய்டியே (*Rhododendroideae*). கிழக்கு ஆசியா, நியூகினி, வட அமெரிக்காவில் மட்டுமே இவ்வினங்கள் உண்டு. ஆப்ரிக்காவில் அரிது. செதிலிலைகள் உண்டு. பொதுவாக மகரந்தப்பை நீட்சிகள் இல்லை. கனி செப்டிசைடல் கேப்சூல் வகை. விதைகள் இறகு கொண்டவை.

எரிகாய்டியே (*Ericoideae*). ஆப்ரிக்கா, மத்திய தரைக்கடல் பகுதி, ஐரோப்பா ஆகிய இடங்களில் இவ்வினங்கள் காணப்படுகின்றன. செதிலிலைகள் இல்லை. மகரந்தப்பை நீட்சிகளுண்டு; கனி லாகுலிசைடல் கேப்சூல். விதைகள் இறகற்றவை.

வாக்கியாய்டியே (*Vaccinioideae*). அமெரிக்காவிலும் ஆசியாவிலும் மட்டும் பரவியுள்ளன. ஆப்பிரிக்காவில் இல்லை. செதிலிலைகள் உண்டு. மகரந்தப்பை நீட்சிகளுண்டு; கனி லாகுலிசைடல் கேப்சூல்; பெர்ரி ட்ரூப் விதைகள் இறகற்றவை.

எபிஜீயாய்டியே (*Epigaeoideae*). மலர்கள் ஒருபால், ஈரில்ல வகை, மகரந்தப்பைகள் நீட்சிகளற்றவை. சூலகப் பிளாசண்டா பிளவுபட்டது.

பொருளாதாரச்சிறப்பு. இக்குடும்ப இனங்கள் பொருளாதாரச் சிறப்பு வாய்ந்தவையல்ல. இக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த சில இனங்கள் கால்நடை நச்சுச் செடிகளாகக் கருதப்படுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக மேற்கு இமய மலையில் தன்னிச்சையாக வளரும் ரோடோடெண்ட்ரான் கம்பேனாலேனம் (*Rhododendron campanulanum*) என்னும் செடியைப் பொதுவாக ஆடுகள் தின்பதில்லை. ஆனால் கோடையில் வேறு உணவு கிடைக்காத சூழ்நிலையில் ஆடுகள் இவ்விலைகளைத் தின்று இறந்து விடுகின்றன. இதே போல் கால்மியா, ஆண்ட்ரோமீடா லையோனியா முதலியவை ஆண்ட்ரோமீடாடாக்சின் என்ற நச்சுப் பொருளைக் கொண்டவையாகும். இந்த நச்சுத் தன்மை மலரிலுள்ள தேனுக்கும் பொருந்தும் என்ற பொதுக் கருத்துண்டு.

கால்தீரியா. இந்த இனத்தில் இலைகள் நறுமண எண்ணெயைப் பெற்றுள்ளமையால், அவை மண எண்ணெய் தயாரிக்கப் பயன்படுகின்றன. இந்த எண்ணெய் மருந்துகளுக்கு நறுமணம் கொடுக்கும் பொருளாகப் பயன்படுவதுடன் முடக்குவாதத்திற்கு மருந்தாகவும் செயல்படுகிறது. இம்மரம் நீலகிரி, கொடைக்கானல் பகுதிகளில் தன்னிச்சையாக வளர்கிறது. இந்த இனத்திலிருந்து தயாரிக்கப்படும் எண்ணெய், விண்டர் கிரீன் எனப்படும்.

ரோடோடெண்ட்ரான். இது ஒரு பெரிய இனமாகும், இம்மரங்கள் அவற்றின் வண்ணப் பூக்களுக்காக வளர்க்கப்படுகின்றன. தோட்டக் கலையியலாளர்களால் அஸேலியா (*Azalea*) என்று குறிப்பிடப் படும் வகைகள் தாவரவியலர்களால் ரோடோடெண்ட்ரான் இனத்தோடு சேர்க்கப்படுகின்றன. நீலகிரி ரோடோடெண்ட்ரானை அழிஞ்சி என்று கூறுவர்.

- தி. ஸ்ரீ கணேசன்

மகரந்தத்தாள்கள்

எரிசிபிலஸ் நோய் (கால்நடை)

பன்றிகளைப் பாதிக்கும் இந்நோய்க்குக் காரணம் எரிசிரிலோதிரிக்ஸ் ருசியோபதே (*erysepelothrix rhysiopethae*) என்னும் பாக்ட்டீரியாவே ஆகும்.

பொதுவாக அனைத்து வீட்டு விலங்குகளையும், மனிதர்களையும் இந்நோய் தாக்கும் தன்மையது, எனினும் பன்றியினத்தையே குறிப்பாகத் தாக்க வல்லது. பன்றியின் அனைத்துப் பருவங்களும் பாதிப்புக்குள்ளாகக் கூடியவையெனினும் காலாண்டு முதல் ஓராண்டு வயதுடைய பன்றிகளே இந்நோயால் அதிகம் தாககுதலுக்குள்ளாகின்றன.

நோய் பரவுதல். இந்நோய்க் கிருமி தூய்மையற்ற மண்ணிலும் கழிவு நீரிலும், சிதைந்த பொருள்களிலும் இயல்பாகக் காணப்படும். இக்கிருமி சுற்றுப் புறத்தை எதிர்த்து வாழும் தன்மையது மட்டுமன்றி இருபத்தோரு நாளுக்குக் குறையாமல் மண்ணில் வாழும் இயல்புடையது. சில நேரம் நோய்க்குறி வெளியில் தெரியாமல் கிருமிகளைத் தன்னகத்தே சுமந்திருக்கும் பன்றிகளும், நோயுற்ற பன்றிகளும் கழிவுப் பொருள்களை வெளியேற்றுவதன் மூலம் இதை மண்ணில் பரப்புகின்றன. இக்கிருமி நிறைந்த தூய்மையற்ற நீரும், உணவுமே கால்நடைகளில் இந்நோய்க்குக் காரணமாக அமைகின்றன.

எரிசிபிலஸ் நோயின் தன்மையினை மூன்று நிலைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

கடுமையான புரைகண்ட நிலை. நோயின் அறிகுறி திடீரென்று தோன்றி, ஆபத்தான நிலைமை உருவாகும். நோயுற்ற பன்றி கடும் காய்ச்சலுடன் கண்களில் நீர் வடிய உணவை உட்கொள்ளாது இருக்கும். மூக்குத்தண்டு முழுதும் வீங்க மூச்சுவிடக்கடினம் இருக்கும். கணையமும், நிணநீர்ச் சுரப்பிகளும் பருத்திருக்கும். வயிறு குடற்பகுதிகளில் இரத்தப் பொட்டுடன் கூடிய கடும் அழற்சி காணப்படும். இரண்டாம் நாள் தோலின் மேற்புறம் செந்திட்டைகள் தோன்றிச் சிவந்த நிறத்திலிருந்து பழுப்பு நிறமாக மாறும். இந்நிலையிலிருக்கும் 80% பன்றிகள் மடிந்து விடும்.

தோல் தடிப்பு நிலை. இது கடுமையானதோ கொடுமையானதோ அன்று. தோலில் வீக்கத்துடன் கூடிய தடிப்பு பதினைந்து நாளில் மறைந்துவிடும். இதனை வைரத்தோல் நோய் என்று குறிப்பிடுவர். பன்றியின் காது நுனி, வால் பகுதி, சப்பை, கால் பகுதி ஆகிய இவை சிற்சில சமயம் அழுகிய நிலையில் காணப்படுவதுண்டு.

நீடித்த நிலை. பன்றிகளின் இடுப்பு, கால் எலும்புகள் தாக்கமுற்ற நிலையில், நொண்டுதல் எலும்பும் விறைப்பு முதலியன காணப்படும். மூட்டழற்சி மட்டுமன்றி, உள் இதய அழற்சி ஏற்படவும் வாய்ப்புண்டு. இந்நோய்க் கிருமி ஆடுமாடுகளைத் தாக்கும்போது மூட்டழற்சி, தோல் சிதைவு, காய்ச்சல், நொண்டுதல் முதலியவை காணப்படும். விலங்குகளிலிருந்து மனிதர்களிடம் தொற்றக்கூடிய நுண்கிருமி நோய்களில் எரிசிபிலசும் ஒன்று.

மனிதர்களிடம் எரிசிபிலஸ் நோய். பெரும்பாலும் மனிதர்களில் தோல் புண், சளிச்சவ்வு வழியே இக் கிருமிகள் உள்நுழைய வாய்ப்புண்டு. இக்கிருமி மனிதர்களின் தோலைத் துளைத்துச் சென்ற ஒன்றிரண்டு வாரத்தில் நமைச்சல், தடித்த திட்டுகள், கடும் வலி போன்றவை விரல்களிலும் கைகளிலும் தோன்றும். சில நேரம் மனிதரின் உடல் முழுதும் செந்திட்டைகளும், தோல் அழற்சியும், அழுகல் திட்டுகளும் ஏற்படலாம்.

இந்நோய் தாக்கப்பட்ட பன்றி இறைச்சியையும் கழிவையும் தொடும்போது, மனிதர்களுக்கு நோய் பரவுகிறது. இறைச்சிக் கடைக்காரர், இறைச்சி ஆய்வாளர், பன்றித் தொழுவப் பணியாளர் ஆகியோருக்குப் பரவ வாய்ப்புள்ளதால் இது ஒரு தொழில் தொடர்பான நோயாகக் கருதப்படுகிறது.

நோய்க் கட்டுப்பாடு. பன்றித் தொழுவங்களைத் தூய்மையாக வைத்தலும், பணியாளர் கிருமி கொல்லிகளைக் கொண்டு தூய்மையாக இருத்தலும், இறைச்சி ஆய்வாளர் கையுறை அணிதலும், புதிதாகப் பண்ணைக்குக் கொண்டு வரப்படும் பன்றிகளை ஒருமாதம் தனித்து வைத்துப் பின் சேர்த்தலும், பன்றிகளுக்குத் தடுப்பூசி போடுதலும் இந்நோயைத் தடைசெய்யும்.

மருத்துவம். அதிக அலகு பென்சிலின் ஊசி மூலம் செலுத்தலும், எரிசிபிலஸ் எதிர்ச் சீரத்தைக் கொடுத்தலும் நோய் கண்டபின் குணப்படுத்த ஏற்ற மருத்துவ முறையாகும்.

- ச. தமிழரசன்

எரிடானஸ் விண்மீன்குழு

எரிடானஸ் (eridanus) ஒரு குளிர்கால விண்மீன் குழுவாகும். ஓரியன் விண்மீன் குழுவின் அடியிலிருந்து தென் துருவம் வரை ஏறக்குறைய 32° வரை நீண்டு, பரந்து இருப்பதால், இது எரிடானஸ் - ஆற்று மீன்குழு என்றும் சொல்லப்படும். இத்தாலிய நாட்டில் உள்ள 'போ' ஆற்றின் பண்டைய பெயர் எரிடானஸ் என்பதால் அதிலிருந்து ஆறுபோல் நீண்டு

குளிர்காலவானம் எரிடானஸ்.
எரிடானஸ் விண்மீன்குழு

வளைந்திருக்கும் இக்குழுவிற்கு எரிடானஸ் என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டிருக்கலாம். மிகவும் ஒளியை உடைய விண்மீன்களில் ஒன்பதாவதாகக் கருதப்படு வதும் முதலாம் பொலிவுப்பரிமாணமுடையதுமான அச்செர்னர் (Achernur) என்ற விண்மீன் இவ்விண் மீன் குழுவின் தென் முனையில் உள்ளது. இதில் உள்ள மற்றொரு விண்மீன் அகேனார் (Acanar) ஓர் இரட்டை விண்மீன் ஆகும். இக்குழுவின் வல ஏற்றம் 1.5-5 மணி நேரமாகவும், நடுவரை விலக்கம் 0° 58° வரை தெற்காகவும், பரப்பு 1138 சதுர பாகையாகவும் அமையும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

எரித்ரைட

இது ஒற்றைச் சரிவு படிகத்தொகுதியைச் சார்ந்த நீர்மக் கோபால்ட் ஆர்சினேட் கனிமமாகும். இதன் வேதியியல் உட்கூறு $Co_3As_2O_8\ 8H_2O$. இதில் கோபால்ட் பென்டாக்சைடு 37.5%ம், ஆர்சனிக் பென்டாக்சைடு 38.4%ம், நீர் 24.1%ம், உள்ளன. இதிலுள்ள கோபால்ட் சில சமயங்களில் இரும்பு, நிக்கல், கால்சியத்தால் இடப்பெயர்ச்சியடைந்து காணப்படும். படிகங்கள் பட்டக வடிவிலும், நீண்ட நெடுக்கு வரிகளைக் கொண்ட கோள வடிவிலும், சிறுநீரக வடிவிலும் (reniform), நீண்ட தூண் வடி விலும், அடுக்குக்குறைப்படிக வடிவிலும் இயற்கையில் காணப்படுகின்றன. இவை செங்கற் சிவப்பு, சாம்பல் நிறப் பழுப்பு நிறங்களில் காணப்படுகின்றன. இவற் றின் உராய்வுத்துகள் வெளிர்நிறப் பழுப்பாக இருக் கிறது. இதன் கடினத்தன்மை 1.5 - 2.5; அடர்த்தி 2.95; படிகம் தெளிவான குறுஇணை வடிவப்பக்கக் கனிமப்பிளவு கொண்டது. குறைவான செவ்விணை வடிவப்பக்கம் (100), பட்டகப்பக்கப் (101) பிளவும் கொண்டது. இவை ஒளி ஊடுருவும் தன்மை முதல், குறை ஒளிக்கசிவுத் தன்மை வரை கொண்டவை. இவற்றின் ஒளியியல் அச்சுத்தளம் (optical axial plane) குறுஇணைவடிவப் பக்கத்திற்குச் (010) செங்குத்தாக உள்ளது.

பலதிசை அதிர்நிறமாற்றம் கொண்டது. விரை ஒளித்திசையில் (γ) சிவப்பாகவும், இடை ஒளித்திசை யில் (β) வெளிர் ஊதாநிறமாகவும், மெதுஒளித்திசை யில் (α) வெளிர் இளஞ்சிவப்பு நிறமாகவும் பல அதிர் நிறமாற்றப் பண்பைக் காட்டும். இதன் ஒளி விலகல் எண் விரை ஒளித்திசையில் (γ) 1.701 ஆகவும், மெது ஒளித்திசையில் (∝) 1.629 ஆகவும், இடை ஒளித் திசையில் (β) 1.663 ஆகவும் உள்ளது. இவை சாய்வு மறை கோணம் (inclined extinction) உடையவை. ஊது குழல் ஆய்வு முறையில் (blow pipe test) இளம் சூட்டில் நீர்த்திவலைகளை ஈந்து நீலநிற மாக மாறும். அதிகச் சூட்டின்போது ஆர்செனிக்ட்ரை ஆக்சைடை வெளியேற்றி ஆய்வுக் குழாயின் குளிர்ந்த பாகங்களில் படிகமாகப் படியும். இப்படிவு கரும் பழுப்பு, கறுப்பு நிறமாக இருக்கும். கரிக்குழியில் இதனை ஊதுகுழலால் சூடு செய்யும்போது ஆர் செனிக்கின் மணத்தைக் கொடுக்கிறது. பின் உருகிக் கரும்பழுப்பு நிற ஆர்சனைடைக் கொடுக்கும். இதனை வெங்காரத்துடன் சேர்த்துக் கரிக்குழியில் சூடு செய்யும்போது கருநீலநிறமாக மாறும். இச் சோதனையிலிருந்து இதில் கோபால்ட் உள்ளதைத் தெளிவாக அறிய முடிகிறது. ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலத்தில் கரைந்து ரோஜா சிவப்பு நிறக்கரைசலைக் கொடுக்கிறது. லாவண்டிலன் என்பது ஒரு குப்ரியன் வகை எரித்திரைட்டாகும்.

பரவல். இது ஓர் இரண்டாம் நிலைத் தோற்றக் கனிமம். கோபால்ட் கனிமப் படிவுகளின் மேற்பரப்பில் இயல்பாகக் கிடைக்கும். கோபால்ட் படிவுகள் ஆக்சிஜ னேற்றம் அடைவதால் இது உண்டானது எனக் குறிப்பிடுகின்றனர். உலகில் ருமேனியாவில், டோக் னஸ்காவிலும், செக்கஸ்லோவியாவில், பொகிமியாவிக் கருகிலுள்ள ஜோஷிம்டால் என்ற இடத்திலும், சுவீட னில் சோர்டர்மாண்டிலுள்ள துனபெர்கிலும், கம்பர் லாந்தில் அல்ஸ்டன்குரிலும், கார்ன்வால் பகுதியில்

பல இடங்களிலும், சிலி தீவுகளில் பல இடங்களிலும், அமெரிக்க ஒன்றிய நாடுகளில் நிவடா பகுதியில் லவ்லாக்ஸ் என்னுமிடத்திலும், கலிபோர்னியாவில் பல இடங்களிலும், ஒன்டாரியோ பகுதியில் மற்ற கோபால்ட் படிவுகளிலும் காணப்படுகிறது.

பயன். இது கோபால்ட்டின் முக்கிய கனிமம். இந்தியாவில் சல்ஃபைடு படிவுகளான வைரைட், நிக்கோலைட் ஆகியவற்றில் அரிதாகக் கிடைக்கிறது.

-சு. சந்திரசேகர்

எரித்ரைட்டைல் டெட்ரா நைட்ரேட்

மார்பு வலிக்கு மருந்தாகப் பயன்படுத்தப்படும் கரிம நைட்ரேட்டுகளில், எரித்ரைடைல் டெட்ரா நைட்ரேட்டும் ஒன்றாகும். பல நூற்றாண்டுகளாகப் பயன்படுத்தப்படும் இந்தக் கரிம நைட்ரேட்டுகள், மார்பு வலி தவிர இதயத் தளர்வு, திடீர் மாரடைப்பு போன்ற நோய்களிலும் பயனளிக்கின்றன. இதன் வேதி அமைப்பு வருமாறு:

$$\begin{array}{l} CH_2—O—NO_2 \\ | \\ CH—O—NO_2 \\ CH—O—NO_2 \\ CH_2—O—NO_2 \end{array}$$

எரித்ரைட்டைல் ரெட்ரா நைட்ரேட். நைட்ரோ கிளிசரைனைத்தவிர மற்ற எல்லாக் கரிம நைட்ரேட்டுகளும், கொழுப்பில் கரையும் மாத்திரைகளாக உள்ளன.

இரத்த நாளங்களிலும், உறுப்புகளின் மிருதுவான தசை இழைகளிலும் உள்ள நைட்ரேட் ஏற்பிகளுடன் இவை வினைபுரிகின்றன. நைட்ரேட் ஏற்பிகளில் உள்ள சல்ஃப்ஹைட்ரேட்கள், நைட்ரேட்டை நைட்ரேட் அயனிகளாக மாற்றுகின்றன. மென்மையான தசை இழைச்செல்களின் நைட்ரைட் அயனிகள் தேக்கமடையும்போது தசைகள் தளர்வடைகின்றன. கரிம நைட்ரேட்டுகள், தற்காலிகமாக இதயத் தமனிகளை விரிவடையச் செய்து, இதய நாளங்களில் இரத்த ஓட்டத்தை அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. இவை கல்லீரலில் வளர்சிதைமாற்றமடைந்து, சிறுநீரகங்கள் மூலம் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

இந்த மருந்துகளை மாத்திரையாகச் சாப்பிடுவது தவிர, களிம்பாகவும் தயார் செய்து மார்பில் வலி தோன்றும் இடத்தில் தடவிப் பயன் பெறலாம். இந்த மருந்தால் சில நேரங்களில் தலைவலியும், நிலைமாற்ற இரத்த அழுத்தக் குறைவும் ஏற்படுகின்றன. மருந்துகளின் அலகுகளைச் சீரமைத்தால், மேற்கூறிய வேண்டா விளைவுகள் குறைகின்றன. சில சமயங்களில் மெத்ஹீமோகுளோபினீமா என்ற வேண்டா விளைவு ஏற்படுகிறது. மருந்துகளின் அலகுகள் மிகும்போது இவ்விளைவு உண்டாகிறது.

கரிம நைட்ரேட்டுகள் (எரித்ரைட்டைல் டெட்ரா நைட்ரேட், பென்டா எரித்ரிடால் டெட்ராநைட்ரேட், ஐசோகார்பைடு டைநைட்ரேட்) கொடுக்கப்பட்ட அரை மணி நேரத்தில் மார்பு வலி சீரடையாவிடில், இதயத்தசை சிதைவு ஏற்பட்டு விட்டது எனக்கொண்டு மருத்துவம் செய்ய வேண்டும் அல்லது மார்பு வலிக்குக் காரணம் இதயம் அன்று எனக் கொள்ளவேண்டும். எரித்ரிடைல் டெட்ராநைட்ரேட் மாத்திரை 5,10,15, மி.கி. அலகில் கிடைக்கிறது. இதை நாக்கின் அடியில் வைத்திருந்தால், அது தானாகவே கரைந்து பயனளிக்கிறது. 5,10,15 மி.கி மாத்திரைகளை நாளொன்றுக்கு மூன்று வேளையாகச் சாப்பிட வேண்டும். நைட்ரேட் அல்லாத டைபைரிடமோல் மிகுந்த பயனளிக்கிறது.

- அ. கதிரேசன்

எரித்ரோமைசின்

இது மேக்ரோலைடு (macrolide) வகையைச் சார்ந்த நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்தாகும். (வேதி அமைப்பில் பெரிய லாக்ட்டோன் வளையத்தில் சர்க்கரை இணைக்கப்பட்டுள்ளதே மேக்ரோலைடு எதிர் உயிர் மருந்து எனப்படுகிறது).

இந்த வகை நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்துகளில், எரித்ரோமைசின் (erythromycin), ஒலியாண்டாமைசின், ஸ்பைராமைசின் ஆகியவை அடங்கும்; எனினும் இவற்றுள் மிகவும் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுவது எரித்ரோமைசின் ஆகும்.

நுண்ணுயிரியின் 50 எஸ். ரைபோசோமுடன் இணைந்து, எரித்ரோமைசின் செயலாற்றுகிறது. இதன் செயல் முறை, அனேகமாக குளோரம்ஃபெனிகாலின் செயல் போன்று இருக்கும். எரித்ரோமைசின் பின்வரும் நுண்ணுயிர்களின் மீது வினையாற்றுகிறது. அவை மைகோபிளாஸ்மா, இன்புளுயென்சா, ஸ்ரெப்டோகாக்கஸ், நியூமோகாக்கஸ், முதலியன.

வாய்வழியாகக் கொடுக்கப்படும் மாத்திரை சிறுகுடலில் உட்கவரப்படுகிறது. உட்கவர்தலை ஊக்குவிக்க எரித்ரோமைசினை, ஸ்டீரேட்டாகவோ ஒலியேட்டாகவோ கொடுக்க வேண்டும்.

எரித்ரோமைசினை. அவசர நிலைகளில் எரித்ரோமைசின் எத்தில் சக்சினேட் மற்றும் லாக்டோப்யனேட், குளுசிபிளேட் போன்றவற்றை ஊசி மருந்தாகப் பயன்படுத்தலாம்

ஸ்டீரேட் அல்லது எஸ்டோலேட் வகைகளை 500மி.கி. அலகில் உட்கொள்ளும்போது 1-4 மணி நேரத்தில் இரத்தத்தில் 5-15 மைக்ரோகிராம்/மி.லி காணப்படுகிறது. இது பித்தநீர் வழியாக வெளியேற்றப்படுகிறது. சிறுநீரில் 2-5% காணப்படுகிறது. பென்சிலின் ஒவ்வாமை நோய்களில் எரித்ரோமைசினைப் பயன்படுத்தலாம். சிலர், இதை மேக நோய்க்கும், வெட்டை நோய்க்கும் பயன்படுத்துகின்றனர். குழந்தைகளிடம் தோன்றும் நடுச்செவி அழற்சி மற்றும் காற்றுக் குழிவு அழற்சி, ஹீமோஃபிலஸ் இன்புளுயென்சா மற்றும் ஸ்ட்ரேப்டோகாக்கஸ் நிமோனியா என்பவை நுண்ணுயிர்களால் உண்டாவதால் இவற்றிற்கு எரித்ரோமைசின் நல்ல பயனளிக்கும்.

வேண்டா விளைவுகள். இதன் வேண்டாவிளைவுகள் குறைவே. வயிற்றுப்போக்கு, குமட்டல், வற்யிறுவலி ஆகியவை புரோபியோனேட் மற்றும் எஸ்டோலேட் எரித்ரோமைசின் மாத்திரைகளைப் பயன்படுத்துகையில் உண்டாகின்றன. தோல் பொரிவுகளும் உண்டாகின்றன. சிரை வழியாக எரித்ரோமைசின் செலுத்தப்படும் போது சிரை அழற்சி உண்டாகலாம். பத்து நாளுக்கு மேல் எரித்ரோமைசின் கொடுக்கப்பட்டால், ஈரல் அழற்சி ஏற்படலாம். அப்போது காய்ச்சல், வீங்கிய தொடு வலி கொண்ட கல்லீரல், கருமையான சிறுநீர், இரத்தத்தில் இயரேசினோபில் செல்கள் மிகைப்பு ஆகியவை தோன்றுகின்றன. எரித்ரோமைசின், மாத்திரையாகவும், ஊசி மருந்தாகவும், களிம்பாகவும், குதத்தின் வழிச் செலுத்தும் மருந்தாகவும் கிடைக்கிறது.

- அ. கதிரேசன்

எரிதல்

திண்ம, நீர்ம, வளிம நிலைமைகளில் இருக்கும் பொருள்கள் காற்றால் ஆக்சிஜனேற்றமடைந்து வெப்பத்தையும் ஒளியையும் தரும் வினையே எரிதல் (combustion) எனப்படும். இவ்வினைக்குத் தேவையான ஆக்சிஜன் காற்றிலிருந்துதான் கிடைக்க வேண்டும் என்ற தேவையில்லை. நைட்ரிக் அமிலமும், அம்மோனியம் பெர்குளோரேட் போன்ற சேர்மங்களில் இருக்கும் ஆக்சிஜனும் அப்பொருள் எரிதலுக்குக் காரணமாக அமைகின்றன. மேலும், ஆக்சிஜனேற்றி என்பது ஆக்சிஜனாக மட்டுமல்லாமல் ஃபுளூரின் போன்ற வேறு பொருளாகவும் இருக்கலாம். ஓர் ஆக்சிஜனேற்றி, எரிபொருளுடன் சேர்ந்து எரியும் போது வெப்பத்தையும் ஒளியையும் கொடுக்கிறது. தனியொரு பொருள் வெப்பத்தையும் ஒளியையும் உமிழ்ந்து சிதைவடைவதால் எரியலாம். இதற்கு அசெட்டிலீன், ஓசோன், ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு போன்றவற்றை எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். அசெட்டிலின் சிதைவடைவதால் கரியும் ஹைட்ரஜனும், ஓசோன் சிதைவடைவதால் ஆக்சிஜனும், ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு சிதைவடைவதால் நீரும் ஆக்சிஜனும் உண்டாகின்றன.

திண்ம, நீர்மப் பொருள். நிலக்கரி, மரம் போன்ற திண்மங்களின் எரிதல் படிப்படியாக நிகழ்கிறது. முதலில் இவற்றிலுள்ள ஆவியாகும் பொருள்கள் வெப்பச் சிதைவடைந்து காற்றில் எரிகின்றன. சாதாரணமாக, எரிதல் வெப்பத்தில் வெப்பமிக்க திண்மப்பொருள் எரிவதை அவற்றின் பரப்பில் காற்றிலிருக்கும் ஆக்சிஜன் நுழைவதைக் கட்டுப்படுத்திக் குறைக்கலாம். கரி அல்லது கல்கரி எரிவதால் முதலில் உண்டாகும் விளைபொருள் கார்பன் மோனாக்சைடு ஆகும். வெப்பம் குறையும்போது இவ்வளிமம் கார்பன் டைஆக்சைடாக மாறுகிறது. கார்பன் மோனாக்சைடு நச்சுத் தன்மை வாய்ந்தது; மணமில்லாதது. சரியாக வடிவமைக்கப்படாத அல்லது திறந்த வெளி வெப்ப மூட்டிகளிலிருந்து தொடர்ச்சியாக வெளியேறும் கார்பன் மோனாக்சைடு உடல் நலத்திற்குக் கேடு விளைவிக்கக் கூடியது.

நீர்ம எரிபொருள்கள் அப்படியே முழுதும் எரிவதில்லை. இவற்றின் புறப்பரப்பின் மேலுள்ள ஆவியே எரிகிறது. எரிதலின்போது உண்டாகும் வெப்பத்தால் மேலும் அதிக அளவில் நீர்மம் ஆவியாகிக் காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜனுடன் சேர்ந்து எரிகிறது.

தொடர் எரிதல். அதிக அளவிலிருக்கும் சில பொருள்கள் தொடர்ச்சியாக எரிகின்றன. இப்பொருள்களிலுள்ள மிக நுண்ணிய கிருமிகளின் ஆக்சிஜனேற்றப் பண்பால் அவை தொடக்க வெப்பத்தை உண்டாக்குகின்றன. வெப்பநிலை மிகும்போது காற்று, பொருள்களில் நுழைந்து எரிதலை விரைவுபடுத்துகின்றது. சுற்றுப்புறத்தில் வெப்பம் சிதறலைச் செய்ய முடியாமையால் பொருளின் வெப்பம் மிக, ஆக்சிஜனேற்ற வேகம் அதிகரிக்கின்றது. இதனால் அப்பொருள் தீப்பற்றும் நிலையை அடைந்து தீச்சுவாலையுடன் எரிகிறது. நிலக்கரியை இவ்வாறு தொடர் எரிதலுக்குட் படுத்தலாம்.

வளிமங்கள். சாதாரண வெப்பநிலையில் மூலக் கூறுகள் மோதுவதால் எரிதல் நடைபெறுவதில்லை.

உயர்வெப்பத்தில், வெப்பத்தால் கிளர்வுற்ற மூலக் கூறுகள் அதிகமாகவே மோதிக்கொள்கின்றன. இம் மோதுகையில் மிகு ஆற்றல் உள்ளடக்கப்படுகின்றது. மூலக்கூறுகளிடையே ஏற்படும் மோதலால் மிகக் குறைந்த அளவே எரிதல் நடைபெறுகின்றது. ஆனால் மிகு ஆற்றல் கொண்ட மோதல் நடைபெறும்போது மூலக்கூறுகள் அணுக்களாக அல்லது தனித்தியங்கு உறுப்புகளாகப் பிரிவுறுகின்றன. இவ்வாறு பிரிவுறும் உறுப்புகள் தொடர்ச்சியாக வினைபுரிகின்றன. இதனை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் விளக்கலாம். ஹைட்ரஜனும் ஆக்சிஜனும் சேர்ந்து எரிந்து நீர் உண்டாகும் வினை ஒரே படியில் நிகழ்வதில்லை. இதில் ஏறக்குறைய 14 வினைப்படிகள் இடம் பெறுவதாக அறியப்பட்டுள்ளது. முதல் மோதலால் ஹைட்ரஜன் அணு உண்டாகிறது. பின்னர் இது ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகளுடன் வினையுற்று ஹைட் ராக்சில் உறுப்பு உண்டாகிறது.

$$H + O_2 \longrightarrow OH^- + [O]$$

ஹைட்ராக்சில் உறுப்பு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுடன் வினைபுரிவதால் நீரும் ஹைட்ரஜன் அணுவும் உண்டாகின்றன. இந்த வினை, தொடர்ச்சியாக நடைபெறுகின்றது. சில நேரங்களில் ஆக்சிஜன் அணு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுடன் வினைபுரிய ஹைட்ராக் சில் தொகுதியும் ஹைட்ரஜன் அணுவும் உண்டா கின்றன. எனவே, தனியொரு ஹைட்ரஜன் அணு புதிய ஹைட்ரஜன் அணுவையும் உண்டாக்க முடியும். அணுக்களும், தனித்தியங்கு உறுப்புகளும் மீண்டும் ஒருங்கிணைந்து நடுநிலை மூலக்கூறை உண்டாக்கு கின்றன.

கிளைத் தொடர் வினைகள், தொடர் முடிவுறும் வேகத்திற்குச் சமமாக அல்லது அதைவிட அதிகமாக இருந்தால் வெடித்தலுடன் எரிதல் நடைபெறுகிறது. இந்தக் கிளைத்தொடர் வினை அணுக்கருப் பிள வினைப் போன்றது. ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நியூட்ரான் கள் யுரேனியம் அணுக்கரு நியூட்ரானால் தாக்கப் படுவதால் பிளவு வினை உண்டாகின்றது. வளிம நிலையில் வெடித்தலுடன் எரிதல் நிகழ்வதற்கு மற்றொரு காரணம் வினையினால் விளையும் வெப்பத்தின் வேக அளவு சுற்றுப்புறத்திற்குப் பரி மாற்றப்படும் வேகத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பதே யாகும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது வினையின் வேகம் அதிகரிக்கின்றது. இதனால் அதிக வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. இது வளிமக் கலவை முழுதும் வினைபுரியும் வரையில் நடக்கிறது. இதற்கு வெப்ப வழி வெடித்தல் என்று பெயர்.

எரிதல் மெதுவாக நிகழுமானால் இடைநிலைப் பொருள்களைப் பிரித்து எடுக்கலாம். ஹைட்ரோ கார்புன்களை மெதுவாக எரிதலுக்கு உட்படுத்தினால் ஆல்டிஹைடுகள், அமிலங்கள், பெராக்சைடுகள் போன்றவை விளைகின்றன. இதேபோல் ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு மெதுவாக எரிந்தால் ஹைட்ரஜனும் ஆக்சிஜனும் உண்டாகின்றன. மிகக்குறைந்த வெப்ப நிலையில் பாரஃபின் ஹைட்ரோகார்பன்கள் (புரோப் பேன், பியூட்டேன், ஈதர்கள்) நீலநிறத்துடன் எரி கின்றன.

வளிம நிலை எரிதலும், வெடித்தல் வினைகளும் வினை நடைபெறும் கலன் முழுதும் சீராக நடை பெறுகின்றன. ஒரு கலனில் இருக்கும் வளிமக் கலவையுள் சிறு பொறியை அல்லது பிழம்பைக் கொண்டு பற்றவைத்தால் அது கலவையுள் மிகச் சீராகச் செல்கிறது. பெட்ரோல் எந்திரங்கள் இவ்வாறே இயங்குகின்றன. இந்த எரிதல் அலை சராசரியான வேகத்தால் பரவுகிறது. இது 1 அடி/ வினாடி (0.3மீ/வி) அளவு ஹைட்ரோகார்பன் களிலும், காற்றுக்கு 20-30 அடி/வினாடி (6-9மீ/வி) அளவிலும் இருக்கிறது. காற்றாடி கொண்டு சுழற் றினால் எரிதல் அலை அதிகரிக்கின்றது.

எரிதல் கலவையை மிகக் குறைந்த வெப்பநிலை யில் வினையூக்கியைப் பயன்படுத்தி எரிக்கலாம். இதனால் மூலக்கூறுகள் வினையூக்கியின் மேல் படி கின்றன. அங்கு இவை அணுக்களாகவும், தனித் தியங்கு உறுப்புகளாகவும் பிரிவடைகின்றன. இதற்கு ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றைச் சாதாரண வெப்ப நிலையில் பிளாட்டின உலோகத்தின் மேல் இணையும் வினையினைக் கூறலாம். இவ்வினையில் வெப்பம் உண்டாவதால் பிளாட்டினம் ஒளிர்கின்றது.

நிரலியல். எரிதலின் நிரலியல் (spectroscopy of combustion) பிழம்பைப் பற்றி அறிய உதவும் ஓர் ஆய்வுக் கருவி ஆகும். சுவாலையில் எரியும் பொருள் களைப் பொறுத்து ஒளி உட்கவர்வது அல்லது உமிழ் வது நடக்கின்றது.

பிழம்பு நிரலியல், எரிதலின் வினைவழி முறை களையும் பிழம்பு வெப்ப நிலைகளையும் அறியப் பயன் படுகிறது. பல்வேறுவிதமான நிரலியலில் தொழில் நுட்பங்கள் தேவைகளுக்கேற்ப உள்ளன. நேர் கோட்டு எதிர்ப்பாடு (line reversal) என்னும் முறையில் வெப்பத்தால் சூடுபடுத்தப்பட்ட உலோக அணுக்களி லிருந்து வெளிப்படும் ஒளிச் சிதறலின் அளவு கறுப்பு விளக்கு இழையிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிச் சிதற லோடு ஒப்பிடப்பட்டு, வெப்பநிலை அறியப்படுகிறது. ஒளி வடிப்பான்களைப் பயன்படுத்திச் சிறு ஆய்வுக் கருவியால் இதை அறியலாம். இதற்கு, மிகக் குறைந்த அளவு சோடியம் உப்புகளை வளிம அல்லது நீர்ம எரிபொருள்களுடன் சேர்த்துக் கண்டுபிடிப்பதைச்

சான்றாகக் கூறலாம். இதற்கு சோடியம் டி-கோடு எதிர்ப்பாடு (sodium D line reversal) என்று பெயர்.

- த. தெய்வீகன்

எரிதல் திசைவேக அளவீடு

எரிபொருளில் வேதி ஆற்றல் பெரும் அளவு மறைந்து இருக்கிறது. எரிபொருளில் கனற்சிக்குள்ளாகும் வேதி மாற்றங்களை நிகழ்த்தும்போது வேதி ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுகிறது. இக்கனற்சியின் மிகு வெப்ப நிலையில் தீப்பிழம்பு வெளிப்பட்டு மிகுவேகத்தில் செல்கிறது. இந்த வெப்ப ஆற்றல், பயன்தரு வகையில் வேலையைச் செய்து முடிக்க இத்தீப்பிழம்பு வேகத்தின் அளவீடு முக்கியமானதாகும். மேலும் தீப்பிழம்பின் தத்துவம் அடிப்படை ஆகியவற்றைப் புரிந்து கொள்ள, எந்த அளவிற்குத் தீப்பிழம்பு வேகத்துடன் செல்கிறது, எத்துணை அளவுக்கு எரி கலவையினூடே சென்று எரிகலவையை ஆட்கொள்கிறது என்பவற்றைத் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள வேண்டும்.

தீப்பிழம்பின் வேக அளவை அறிந்து கொள்ளத் தனிப்பட்ட அளவீடு முறைகள் உள்ளன. இவ்வேகம் எரிபொருள் தன்மை, காற்று-எரிபொருள் விகிதம், வெப்பநிலை, அழுத்தம், பாய்ம நிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து இருக்கும். மேலும் பயன்படுத்தப்படும் வேக அளவுமானியைப் பொறுத்தும் வேக அளவீடுகளின் நுட்பம் மாறுபடலாம். எனவே குறிப்பிட்ட எரிகலவையைக் கருத்திற்கொண்டு, சுற்றுப்புறத் தன்மைகளுக்காக மாறிவிடாத வேக அளவை வரையறை செய்து கொள்வது சாலச் சிறந்தது. அத்தகைய வேக அளவே எரிதல் திசை வேகம் (burning velocity) எனப்படும். கொந்தளிப்பற்ற (non turbulant) எரி பற்றாத கலவைக்குச் சார்புடைய வினை மண்டலத்தின் (reaction zone) நேரான திசை வேகத்தை (normal velocity) அறிவியலில் எரிதல் திசைவேகம் என்று கூறுவர்.

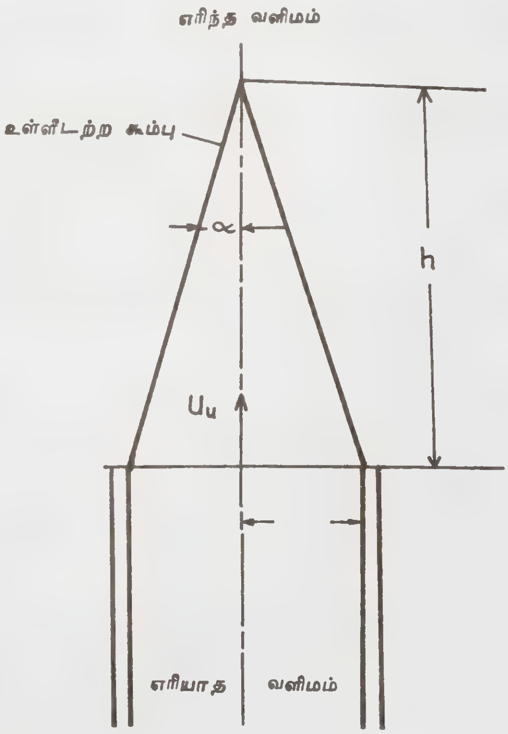
எரிதல் திசைவேகம் இவ்வளவு என்று குறிப்பிட்டால் அது எரிகலவையின் சேர்மம், வெப்பநிலை, அழுத்தம் ஆகியவற்றையும் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள ஒரு வழிகாட்டியாக இருக்கும். இதைத் தீப்பிழம்பில் குறிப்பிட்ட பரப்பளவிற்கு, எரிகலவை மாற்றத்தின் இத்துணை கனஅளவு வீதம் (volume ate) என்றும் கணக்கிடலாம். தீப்பிழம்பின் வேகத்தினை அளவிடும்போது சில சிக்கல்கள் ஏற்படுவதுண்டு. சான்றாக எரிபற்றாது ஒதுங்கியிருக்கும் வளிமங்கள் எரியும் நிகழ்ச்சியில் ஏற்படுத்தக்கூடிய விளைவுகளைக் கூறலாம். தீப்பிழம்பின் குறுக்கே ஏற்படக்கூடிய வெப்பநிலை ஏற்றமானது கனற்சிப் பொருள்களின் அடர்த்தி, திசைவேகம் ஆகிய வற்றில்கூட மாறுபாடுகளை உண்டாக்கலாம். அதனால் எரியாது ஒதுங்கியிருக்கும் வளிமங்களில் சலனம் ஏற்படலாம்.

நிலையான தீப்பிழம்பு (stationary flame), நகரும் தீப்பிழம்பு ஆகியவற்றின் திசைவேகங்களைத் தெளிவாக அறிய வழிமுறைகள் உள்ளன. ஆய்வுக் கூடத்தில் உள்ள புன்சன் எரிவிளக்கு வழக்கில் உள்ள எடுத்துக்காட்டாகும். படம் 1 இல் உள்ளவாறு தீப்பிழம்பை ஒரு கூம்பாகக் கருதிக் கொள்ளலாம். கூம்பின் அடித்தளம் எரிவிளக்கின் குழல்வாய் (port) விட்டத்திற்கு இணையாக இருக்கும்.

$$S = \frac{\text{குழாயின் பரப்பு} \times \text{கலவையின் சராசரி வேகம்}}{\text{தீப்பிழம்புக் கூம்பின் பரப்பு}}$$

தீப்பிழம்பின் திசை வேகத்தை இச்சமன்பாட்டின் மூலம் கணக்கிடலாம். எனவே கூம்பின் பரப்பில் குறிப்பிட்ட நிமிடத்தில் செலுத்தப்படும் எரியாத வளிமத்தின் கொள்ளளவே திசைவேகமாகும்.

கூம்பின் உயரம் h, கோணம் α, சராசரித் திசை வேகம் U என்றிருந்தால்,



படம் 1. புன்சன் தீப்பிழம்பு

$$S = \frac{r \times U}{\sqrt{r^2 + h^2}} = U\sin\alpha$$

இந்தச் சமன்பாட்டின் மூலம் திசைவேகம் கணக்கிடப் படும்.

அனைத்து அமைப்பும் சரிவர இருந்து தீப்பிழம்பு முறையான மாதிரியாக இருப்பின் வளிமம், அனைத் துப் பகுதிகளிலும் ஒரே வேகத்தைக் கொண்டிருக்கும்; எரிவிளக்கின் அச்சுக்கு இணையாகப் (paralle) பாதையில் வெளிப்படும்; முக்கியமாக வினை மண்டலம் மிகமிக மெல்லியதாக இருக்கும். ஆனால் நடைமுறையில் இது இயல்வதன்று. தீப்பிழம்பின் எல்லைப்பரப்பு மிக மெல்லியதாக அமையாதது பெரும் பிரச்சினையேயாகும்.

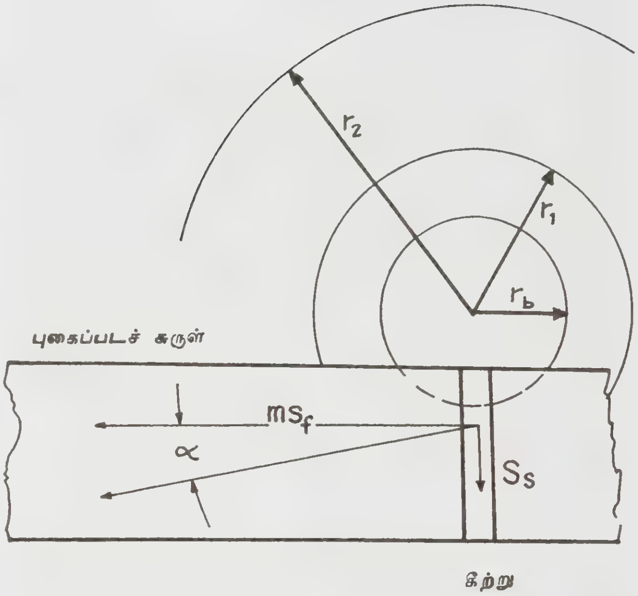
பரவளைய வடிவ (parabolic) முறையில் கலவை பாய்வது, பிழம்பின் நுனி சீரற்று இருப்பது, எரி விளக்கின் விளிம்பில் வெப்பம் தங்குவதால் ஏற்படும் விளைவு ஆகிய பிரச்சினைகளை ஈடு செய்யும் பொருட்டுச் சில திருத்தங்களும், காரணிகளும் கருத் திற் கொள்ளப்படும். சிரிலியன் (schlieren) மிகுவேகப் புகைப்பட முறை என்ற நுட்ப அமைப்பால் தீப்பிழம் பின் கூம்பு அளவிடப்படும்போது தீப்பிழம்பின் வேகம் சரியாகக் கணக்கிடப்படும்.

வேக அளவீட்டு நுட்பம். நகரும் தீப்பிழம்பின் எரிதிசைவேகத்தை அளவிட வெவ்வேறான கருவி கள் உள்ளன. திறந்த வெளிக்குழாய் மூலம் செலுத் தப்படும் தீப்பிழம்புகள், நிலையாக இருக்கும் எரிவளி மங்களின் வழியாகவும் செல்லும். அப்போது திடீர் குளிர்வித்தல், வெப்பச் சலனம், ஒலி வேக விளைவு களுக்கு உட்படுவதால் அளவீடு செய்யும்போது தவறு ஆகியவை ஏற்படக் கூடும். தீப்பிழம்பின் முன்மண்ட லத்தில் பின்புறமாக இருக்கக்கூடிய எரிந்தவளிமங்கள் விரிவு அடையலாம். இந்த விரிவாக்கத்தால் திசை வேகம் பெருக்கம் அடையக்கூடும்.

மேற்கூறியவகையில் உள்ள தீப்பிழம்பின் திசை வேகத்தை அளவிட மிகுவேகப் புகைப்பட நுணுக்கம் பயன்படுவதுண்டு. இம்முறையில் புகைப்படக் கருவி யில் இருக்கக்கூடிய சிறு புழை அல்லது கீற்று (slit) மூலம் தீப்பிழம்பின் ஆரம் மிகுவதைக் காணலாம். புகைப்படச்சுருள், கீற்றைக் கடக்கும்போது தீப் பிழம்பின் ஆரம் நோக்கப்படுகிறது. வளிமத் தின் கன பரிமாணம் மிகும்போது அதன் ஆரம் r_1 என்பது, எரிவதால் r_2 என்ற அளவுக்கு அதிகரிக் கிறது. இந்த வேறுபாடு S_f என்ற திசை வேகத்தில் நகரும் புகைப்படச் சுருள் மூலம் அளவிடப்படுகிறது.

$$Ss = mS_f \tan\alpha$$

என்ற சமன்பாட்டின்மூலம் தீப்பிழம்பின் திசைவேகம் கணக்கிடப்படுகிறது. m என்பது மிகக் குறைவான வேகத்தில் நகரும் புகைபடச் சுருளின் திசை வேகத்தை விரைவுபடுத்தும் காரணியாகும். α என் பது விரிவடையும் தீப்பிழம்பு புகைப்படச் சுருளின் அச்சுடன் ஏற்படுத்தும் கோணமாகும். விரிவாற்றல் விகிதம் (expansion ratio) E எனக் கொண்டால் கன பரிமாணத்தின்படி,



படம் 2

$$E = \frac{r_2}{r_1} \quad \frac{3}{x} \qquad \frac{l_u}{l_v}$$

எனவே விரிவாக்க விகிதம் எரிந்த வளிம அடர்த்திக் கும் l_v எரியாமல் இருக்கும் வளிம அடர்த்திக்கும் l_u உள்ள விகிதத்தைப் பொறுத்து இருக்கிறது எனத் தெளிவாகிறது.

ஹைட்ரோ கார்பன் கொண்ட எரிகலவையின் எரியும் திசைவேகப் பெரும (maximum) அளவு, வளி மண்டலத் தட்பவெப்ப நிலையில் 25-100 செ.மீ/ நொடி என்ற அளவில் வேறுபடும். பொதுவாக கேசொலின் (gasoline) எரி பொருள்களின் எரிதல் திசைவேகம்35 செ.மீ/நொடி இருக்கும்.

-கே.ஆர். கோவிந்தன்

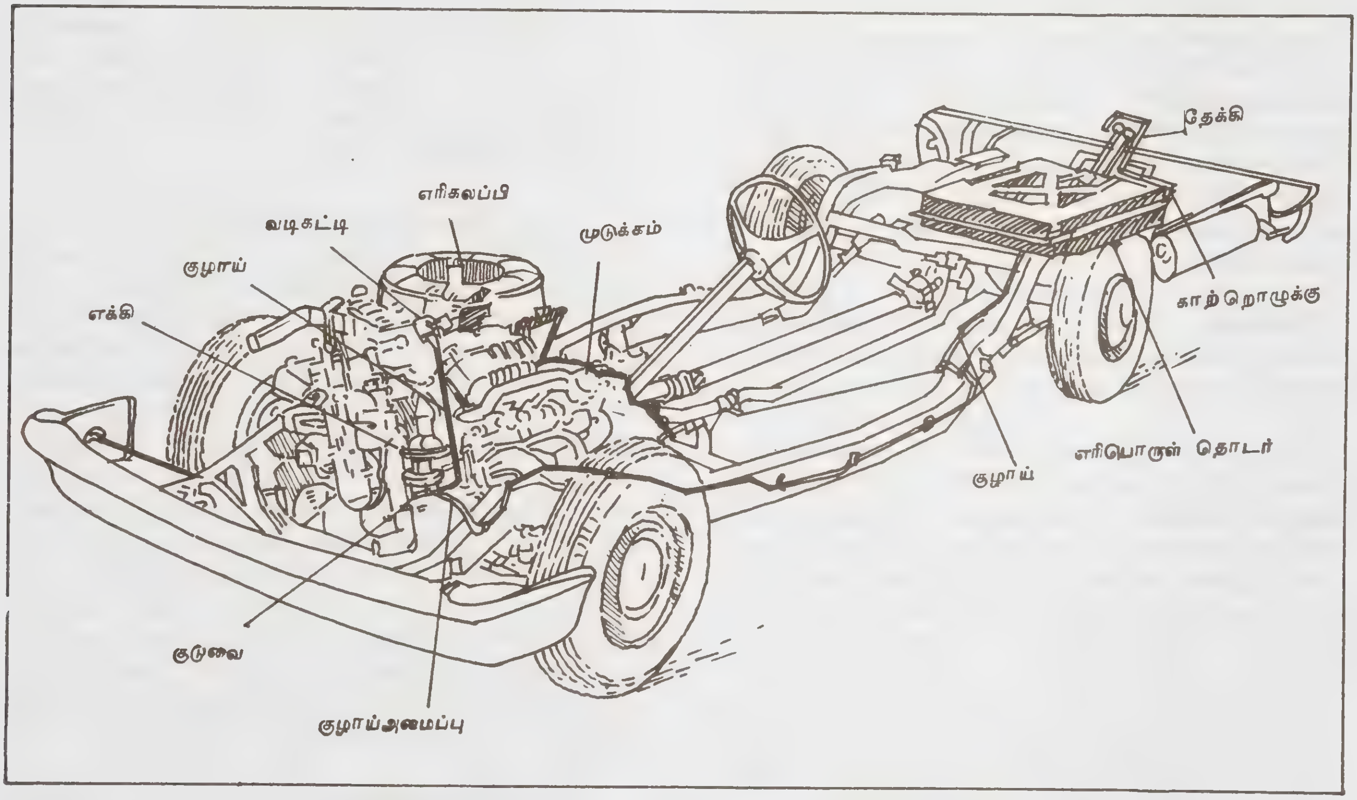
எரிபொருள் அமைப்பு

உட்கனற் பொறிகளில் எரிபொருளைச் செலுத்தும் முழு இயக்கம் எரி பொருள் அமைப்பு (fuel system) எனப்படும். மின் பொறி எரிபற்றுப் (spark ignition) பொறியில் எரி கலப்பிக்கு அல்லது அழுத்த எரி பற்றுப் (compression ignition) பொறியில் எரி பொருள் எக்கிக்கு (fuel pump) தேவைப்படும் விதத் திலும் அழுத்தத்திலும் எரிபொருளைச் செலுத்து வதே இந்த அமைப்பின் முக்கிய நோக்கமாகும். எரிபொருள் சேர்கலம் அல்லது தேக்கி (fuel tank), எரிபொருள் எக்கி (fuel pump), எரிபொருள் கடத்தும் குழாய்கள், காற்று எரிபொருள் வடிகட்டிகள் (filters) என்பன இவ்வமைப்பில் முக்கிய உறுப்புகள் ஆகும்.

பிளாஸ்டிக் போன்றவற்றால் செய்யப்பட்டிருக்கும். எரிபொருளை ஊற்றுவதற்கும் முழுமையாக வெளி யேற்றுவதற்கும் தகுந்த செருகுகள் (plugs) பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

எரிபொருள் எக்கி. சேர் கலத்திலிருந்து (collecting tank) எரிபொருளை மேலோங்கிச் செலுத் துவதற்கு எரிபொருள் எக்கிகள் தேவைப்படுகின்றன. கனற்சிக்குத் தேவைப்படும் வீதம், அளவீடு, கொள் ளளவு, அழுத்தம், பொறியின் வேலைச்சுமை ஆகிய வற்றிற்கு ஏற்றவாறும், காற்றுத் தடை ஏற்படாத வாறும் எக்கிகள் செயல்படும். காண்க, எரிகலப்பி, எரிபொருள் உட்செலுத்தல்.

எரிபொருள் வடிகட்டி. அடைப்பிதழ்கள் மூலம் மிதப்பு, தூசு, நீர்த்திவலை, நுரை போன்றவை எதுவு



எரிபொருள் செலுத்தும் அமைப்பு

எரிபொருள் தேக்கி. இக்கலம் பொதுவாகக் கனற் பொறியிலிருந்து சற்று விலகியே இருக்கும். தானி யங்கி ஊர்திகளின் பின்புறம் தாழ்வாக அமைக்கப் பட்டிருக்கும். இக்கலம் எஃகு தகடுகளால் பெட்டி போல் செய்யப்பட்டிருக்கும். துருப்பிடிக்காத வாறு வர்ணம் பூசப்பட்டிருக்கும். எடை குறை வாக இருக்கும் பொருட்டு அலுமினியம் மற்றும்

மில்லாமல் தூய்மையான எரிபொருள் கனற்கலத்திற் குச் செலுத்தப்பட வேண்டும். இதற்குச் சேர் கலத்தி லிருந்து வெளிப்படும் எரிபொருள் இரண்டு மூன்று நிலைகளில் தகுந்த வடிகட்டிகளால் தூய்மைப்படுத்தப் படும். இவ்வடிகட்டிகள் பருமன் (coarse), நுண்ணிய (fine) துளைகளைப் பெற்றிருக்கும். இடைத்திரை கள், நுண்துளைகள் கொண்ட வலைகளால் ஆன

வடிகட்டிகள் நீர்த் திவலைகளை அகற்றுவதில்லை. மேலும் 76×10^{-6} மீ — 152×10^{-6} மீ அளவுடைய தூசுகள் மட்டுமே நீக்கப்படும். மேற்காணும் வகை களன்றி உலோகத்தகட்டு வகை, இழை, காகிதச் சுருள், மட்பாண்ட வகை ஆகியவற்றால் ஆன வடி கட்டிகளும் பயன்படும். இருப்பினும் காகிதத்தால் ஆன வடிகட்டிகளே மிகவும் புகழ் பெற்றவை.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

எரிபொருள் உட்செலுத்துதல்

பேருந்து, லாரி போன்ற கனரக வாகனங்களை இயக்கப் பயன்படும் உட்கனற்பொறியில் (அழுத்த எரிபற்றுப் பொறி) முதலில் காற்று மட்டும் உள்ளிழுக் கப்பட்டு, அழுத்த வீச்சின் இறுதியில் எரிபொருள் நுண்துகள்களாகத் தெளிக்கப்படுகிறது. முழுதும் எரிவதற்கு ஒவ்வோர் உருளையிலும் சுழற்சியின் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் போதிய அளவு எரிபொருள் நுண்துகள்களாகச் செலுத்தப்பட வேண்டும். இவ்வாறு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் தேவையான அளவு எரிபொருளை உட்செலுத்தும் ஓர் அமைப்பின் பெயரே எரிபொருள் உட்செலுத்தி (fuel injection). ஆகும். இது உட்கனற் பொறியின் மிக முக்கியமான உறுப்பாகும்.

நோக்கம். அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில் எரி பொருள் உட்செலுத்தும் இயக்கம் திறம்பட இயங்கப் பின்வரும் முறைகள் நிறைவேற்றப்பட வேண்டும்.

பொறியுடன் இணைக்கப்படும் வேலைச் சுமைக் கேற்ப, குறிப்பிட்ட அளவு எரிபொருள் ஒவ்வோர் உருளையினுள்ளும் அளவிட்டுச் செலுத்தப்பட வேண்டும். அதாவது அதிகமான வேலைச் சுமை (load) இணைக்கப்பட்டால் அதிகமான எரிபொரு ளும், குறைந்த வேலைச்சுமை இணைக்கப்பட்டால் குறைவான எரிபொருளும் அளவிட்டுச் செலுத்தப்பட வேண்டும்.

அளவிட்டுச் செலுத்தப்படும் இந்த எரிபொருள், ஒவ்வொரு சுழற்சியிலும் ஒவ்வோர் உருளையிலும் மாறாமல் ஒரே அளவாக இருக்கவேண்டும்,

பொறியின் சுழல் வேகமாறுதல்களிலும் ஒவ் வொரு சுழற்சியிலும் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எரி பொருள் செலுத்தப்பட வேண்டும். பொறியின் வேக மாறுபாடுகளுக்கேற்ப எரிபொருளின் அளவீடு கட்டுப் படுத்தப்பட வேண்டும்.

தேவைப்படும் இயல்புகளுக்கேற்ற வகையில் எரி பொருள் நுண்துகள்களாக்கப்பட வேண்டும்.

எரிகலம் (combustion chamber) முழுதும் எரி பொருள் சம அளவில் தூவப்படுதல் வேண்டும்.

எரிபொருள் செலுத்துதலின் தொடக்கத்திலும், போதிய அளவு செலுத்தப்பட்ட பின் முடிவிலும் எவ்விதமான கசிவும், எரிபொருள் உட்செலுத்தியில் இருக்கலாகாது.

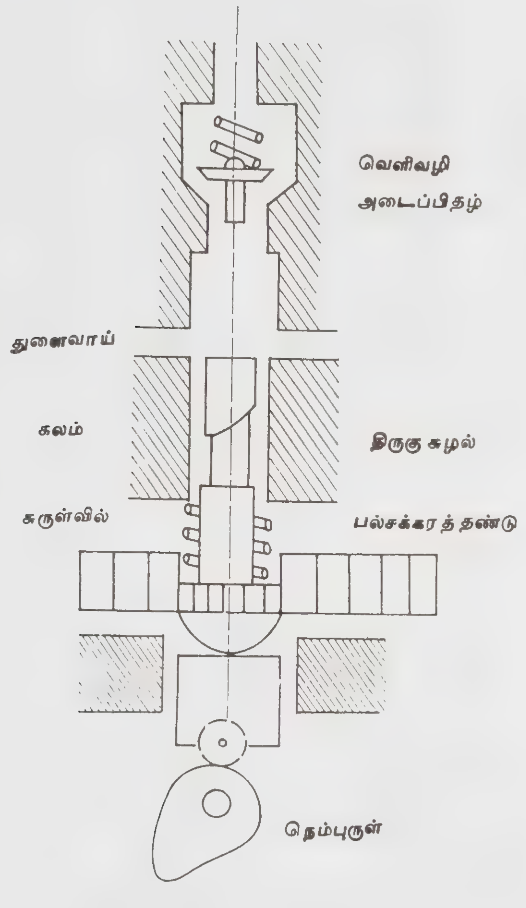
அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில் எரிபொருள் உட் செலுத்துதல். அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில் எரி பொருள் உட்செலுத்துதல் காற்றுடன் செலுத்துதல், காற்றின்றிச் செலுத்துதல் என இரண்டு வகைப் படும்.

காற்றுடன் செலுத்துதல். இவ்வகை இயக்கத்தில் வேகத்துடன் இயங்கும் அதிக அளவு அழுத்தமுள்ள காற்றினால், எரிபொருள் நுண்துகள்களாக்கப்பட்டு எரிகலத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு வெப்ப ஆலையினுள் நுண்துகள்களாக அளவிடப் பட்ட எரிபொருள் குறிப்பிட்ட ஒரு நேரத்தில் அதிக அழுத்தமுள்ள காற்றுடன் செலுத்தப்படுவதால், எரிபொருள் எரிகலத்தின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் சென்று முழுதுமாக எரியும்.

அதிக அழுத்தமுள்ள காற்றினைச் செலுத்தக் காற்றழுத்திச் செலுத்தி (blower) ஒன்று தேவைப்படுகிறது. இக்காற்றுச் செலுத்தி, தான் இயங்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றலைப் பொறி யின் வணரித் தண்டிலிருந்து (crank shaft) எடுத்துக் கொள்ளும். மேலும் நெம்புருளுடன் (cam) இணைக் கப்பட்டு இயங்கும் எரிபொருள் எக்கி (fuel pump) ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு எரிபொருளை எரிபொருள் அடைப்பிதழ் வழியாக எரிபொருள் உட்செலுத்திக் குள் செலுத்துகிறது. காற்றழுத்திச் செலுத்தி லிருந்து வரும் அதிக அழுத்தக் காற்று இணைப்பு டன் இந்த அடைப்பிதழ் எப்போதுமே தொடர்பில் இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த அடைப் பிதழ் மூலம் எரிபொருளும் அதிக அழுத்தக் காற்றும் செலுத்தப்படும். இதனால் கனற்சிக் கலத்துக்கும் இந்தக் காற்று செல்லும். இதனால்தான் இம்முறை காற்றுடன் செலுத்துதல் என்று கூறப்படுகிறது.

காற்றின்றிச் செலுத்துதல். இவ்வகை இயக்கத் தில், தேக்கி வைக்கப்பட்ட கலத்திலிருக்கும் எரி பொருள் முதலில் எரிபொருள் எக்கியின் மூலம் ஒரு வடிகட்டியின் வழியாகக் குறைந்த அழுத்தத்தில் செலுத்தப்படும். இங்கிருந்து வெளியாகும் குறைந்த அழுத்தத்திலுள்ள எரிபொருள் இரண்டாம் நுண் ணிய பெரிய வடிகட்டிக்குச் செலுத்தப்படும். இங்கு மீதமுள்ள எல்லாத் தூசிகளும், மிதப்புகளும் நீக்கப் படும். இவ்வகை இயக்கத்தில் தூசிகள் முழுதுமாக நீக்கப்பட வேண்டும். ஏனெனில் எரிபொருள்

நுண்ணிய குழாய்களின் வழியே செலுத்தப்படுவதால், குழாய்களில் தேய்மானம், அடைப்பு, எரி பொருட் கசிவு ஆகிய குறைகள் ஏற்பட்டு, எரிபொருள் செலுத்தியின் இயக்கம் பாதிக்கப்படலாம்.



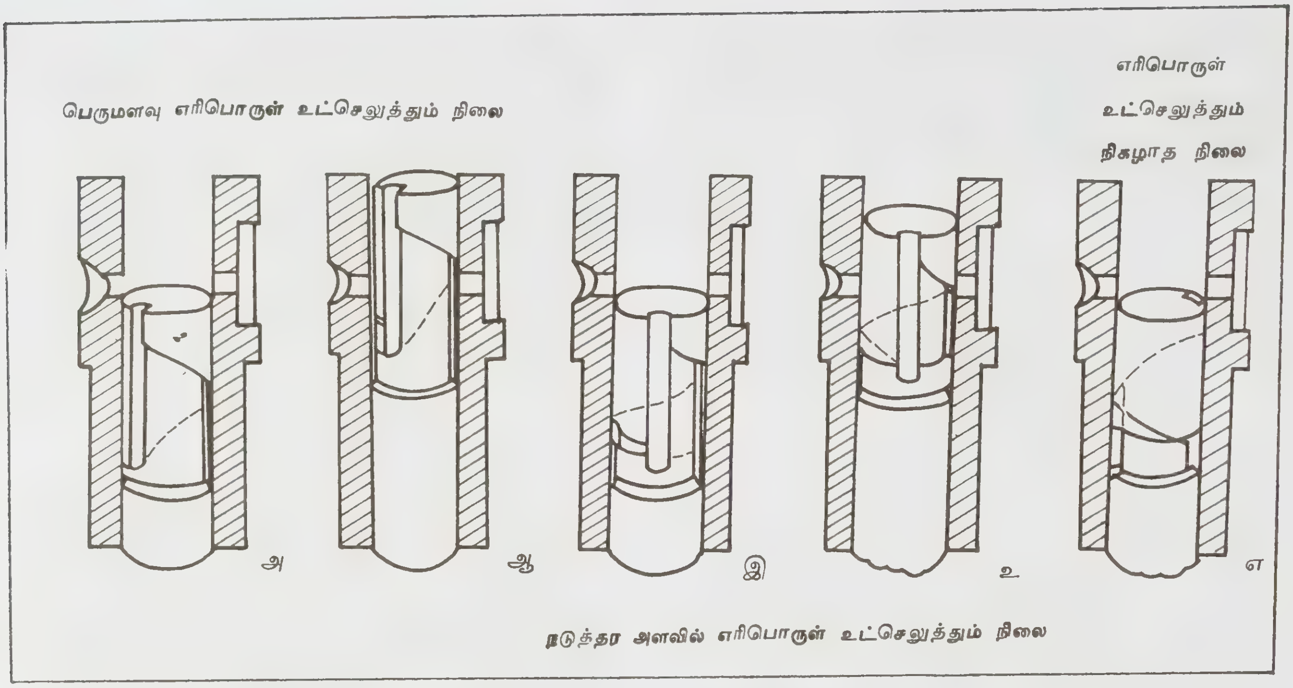
படம். 1

இவ்வகையினைச் சேர்ந்த CAV எரிபொருள் உட்செலுத்தியின் அமைப்பு, படம் 1-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்வழி இணைப்பு மூலம் எரிபொருள் ஊட்டு பொறி (feedpump) எரிபொருளைச் செலுத்திக் கலத்தினை நிரப்புகிறது. ஏற்றுப் பொறியின் அமைப்பினுள் அதன் முழு நீளத்திற்கும் இவ்வுள்ளீட்டுக் கலம் ஒரு குழாய்போன்று அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வோர் எரிபற்றுப் பொறியின் கலமும், உள்ளீட்டுக் கலத்தினுள் சிறு துளை வாய்களின் (port) வழியே இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நெம்புருளால் கலத்தினுள் இயக்கப்படும் மூழ்குந்துகள் (plungers) உயர்த்தப்பட்டு மேலெழும்போது, துளைவாய்கள் (ports) அடைக்கப்பட்டு வெளிவழி அடைப்பிதழ் வழியாக எரிபொருள் விசையுடன் செலுத்தப்படுகிறது. பின்னர் அங்கிருந்து நுண் திவலையாக்கி (atomizer) மூலம் எரி பொருள் நுண் துகள்களாக எரிகலத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது.

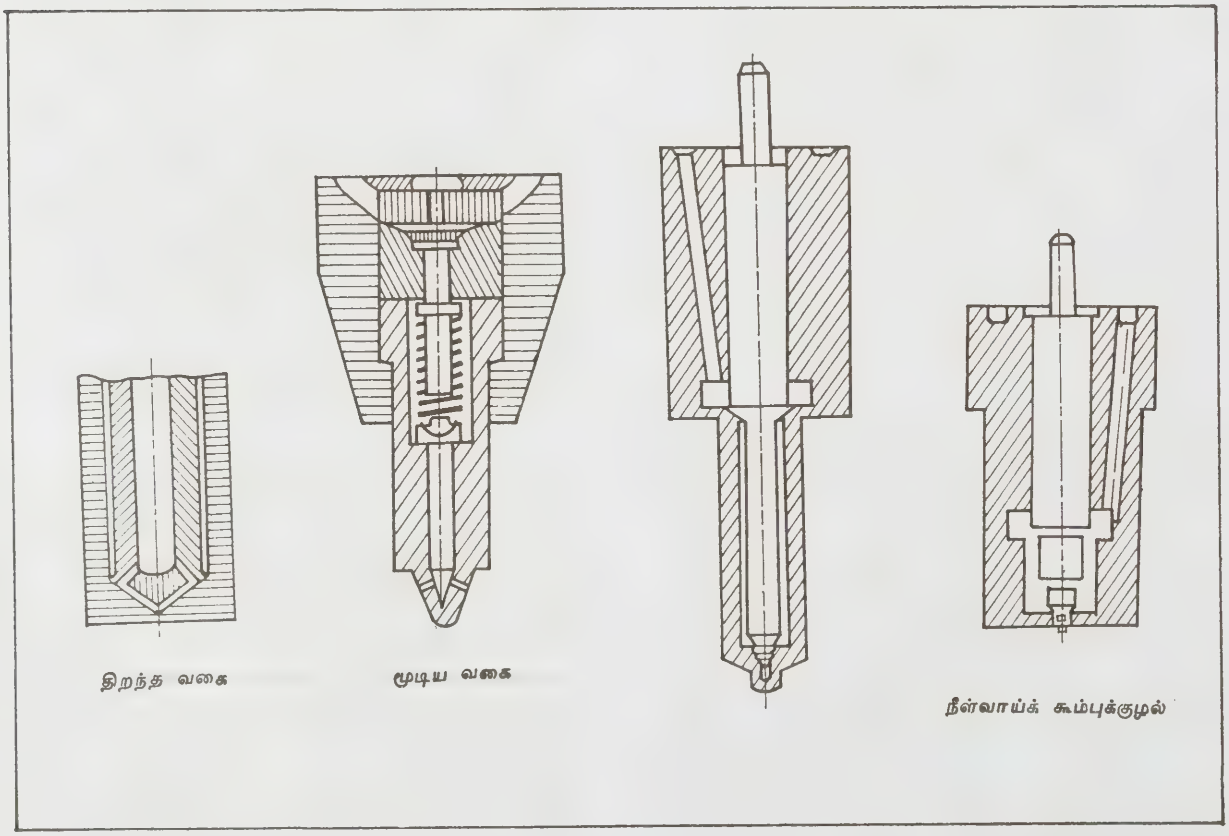
எரிபொருள் உட்செலுத்தி இயக்கத்திலிருக்கும் போது, நெம்புருளால் இயக்கப்படும் மூழ்கு உந்தின் பல்வேறு நிலைகள் படம் 2-இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. மூழ்கு உந்தில் சூழ்வளை வரிப்பள்ளம் ஒன்று இருக்கும். இவ்வரிப் பள்ளத்தில் அடிப்பகுதி கிடைமட்டமாகவும் (horizontal), மேற்பகுதி மூழ்குந்தின் பரப்பைச் சுற்றித் திருகு சுழலாகவும் (helical) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மேலும் நீள் வடிவச் செங்குத்து வரிப்பள்ளம் (slot) ஒன்றும் உந்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

சுழல் வீச்சின் ஆரம்பநிலையில் மூழ்குந்து, கலத்தின் அடிப்பாகத்தில் இருப்பதைப் படம் 2-அ. வில் காணலாம். நெம்புருள் சுழல ஆரம்பிக்கும் போது மூழ்கு உந்து மேலெழும்ப ஆரம்பிக்கிறது. மூழ்கு உந்தின் விளிம்பு துளை வாயில் மேல்விளிம்பைக் கடந்து கலத்தினை அடையும்வரை எவ்வித அழுத்தமும் உண்டாவதில்லை. மேற்கொண்டு மூழ்கு உந்து மேலே எழும்போது எரிபொருள் அதிக அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு அழுத்தமடைந்த எரி பொருள் வெளி வழி அடைப்பிதழைத் திறந்து கொண்டு அழுத்தத்துடன் வெளியேறுகின்றது. திருகு சுழலின் மேல் விளிம்பு துளைவாயினை விட்டு விலகும் வரை எரிபொருள் தொடர்ந்து செலுத்தப்படும். திருகுசுழலின் மேல் விளிம்பு துளைவாயைவிட்டு விலகியவுடன் துளைவாய் திறக்கப்பட, மூழ்குந்தின் மேலிருக்கும் மீதமான எரிபொருள், செங்குத்து வரிப்பள்ளம், சூழ்வளை வரிப்பள்ளம் ஆகியவற்றின் வழியே வெளியே இருக்கும் கலத்திலுள்ள எரிபொருளுடன் கலந்து விடுகிறது. எரிபொருள் எரி கலத்தினுள் செலுத்தப்படுவது இந்நிலையில் நிறுத்தப்பட்டு, துளைவாய்களின் வழியாகவே வெளியேற்றப்படுகிறது.

மூழ்கு உந்தின் மேற்பகுதியிலும், திருகு சுழலாகவும் உள்ள சூழ்வளை ஓர் அடைப்பிதழ்போல் செயல்படுகிறது. ஒரு வீச்சில் செலுத்தப்படும் எரிபொருள் அளவு குறைக்கப்பட வேண்டுமானால், இவ்வகை வரியமைப்பு அதிக அளவில் இருக்க வேண்டும். இதனால் எரிபொருள் செலுத்தப்படுவதும் விரைவில் நிறுத்தப்பட்டு விடும். இவ்விளிம்பின் அளவினை வேறுபடுத்துவதன் மூலம் எரிபொருளின் அளவினைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். மூழ்கு உந்திலுள்ள செங்குத்து வரிப்பள்ளம் துளைவாயின் மிக அருகில் உச்ச நிலையில் இருந்தால் பெருமளவு எரிபொருள் செலுத்தப்படும். செங்குத்து வரிப்பள்ளம் எதிர்முனையிலுள்ள துளைவாய்க்கு மறு உச்ச நிலையில் இருந்தால், இது பொறியினை நிறுத்துவதற்கான



படம் 2. மூழ்கு உந்தின் வெவ்வேறு நிலைகள்.



படம் 3. உட்செலுத்திக் கூம்புக் குழல்கள்

அமைப்பாகும். இந்த நிலையில் மூழ்கு உந்து உயர்த்தப்பட்டாலும் கலத்தின் வழியே செலுத்தப் படும். எரிபொருள் செங்குத்து வரிப்பள்ளம் வழியாகக் கீழிறங்கிக் கலத்தினுள் செல்ல நேரிடும். வெளிவழி அடைப்பிதழைத் திறக்கத் தேவையான அழுத்தம் உண்டாவதில்லையாதலால் எரிபொருள் வெளி யேறவும் இயலாது.

வெளியேற்றப்படும் கனற்பொறியின் தலைப் பகுதியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கூம்புக்குழல் (nozzle) வழியாக எரிகலத்திற்குள் எரிபொருள் செலுத்தப்படுகிறது. படம் 3. கூம்புக்குழலை விளக்கு கிறது.

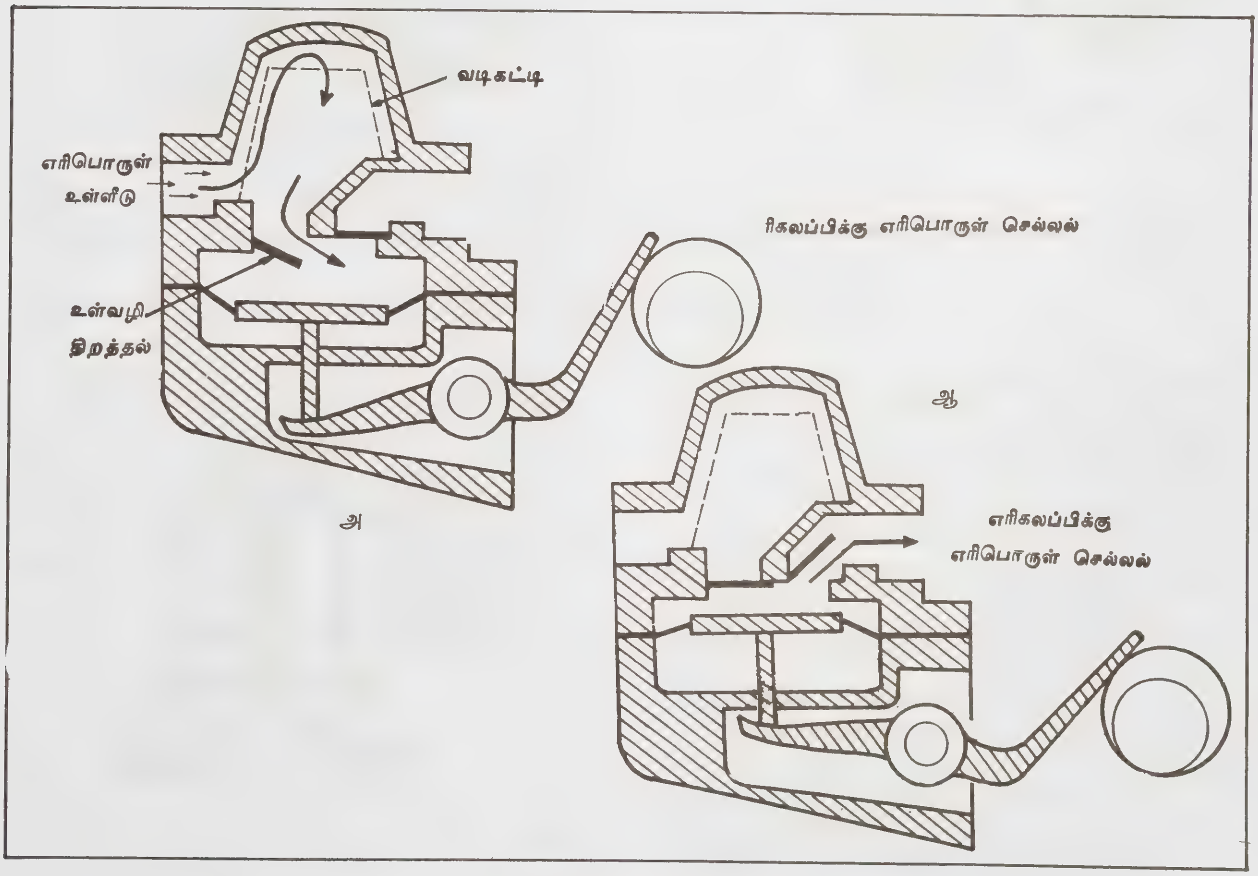
அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில், எரிகலவை தயாராவது முழுதும் எரிகலத்தினுள்ளேயே ஏற்படுவ தால், எரிபொருள் தகுந்த அழுத்தத்துடன் கூம்புக் குழலின் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. எரிபொருள் உட்செலுத்தி, திறம்பட இயங்கினால் கிடைக்கப் பெறும் ஆற்றல் அதிகமாகவும் எரிபொருள் செலவீடு குறைவாகவும் இருக்கும்.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

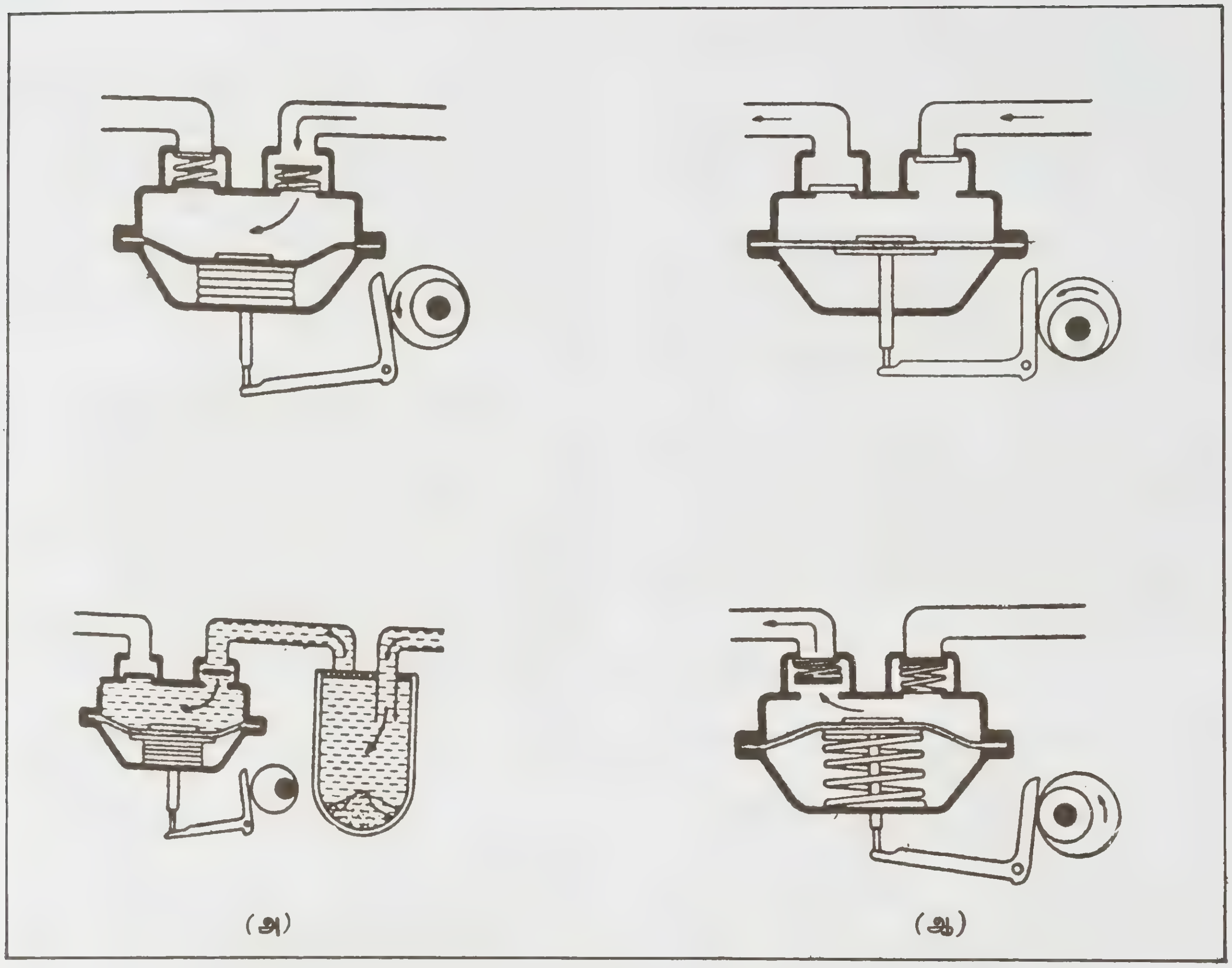
எரிபொருள் எக்கி

விசையுடனும் அழுத்தத்துடனும் தேக்கியிலிருந்து எரிபொருள் செலுத்தப்பட எக்கிகள் தேவைப்படு கின்றன. மின்பொறி எரிபற்றும் பொறியில் (spark ignition engine) எக்கிகள் மிகவும் எளிய அமைப்பைக் கொண்டவை. இவை எந்திர இயக்கத்தாலும் மின் இயக்கத்தாலும் இயங்குபவை. அழுத்த எரிபற்றும் பொறியில் (compression ignition engine) எரிபொருள் எக்கி முக்கிய பங்கேற்கிறது. இதன் இயக்கம் முழுதும் எந்திர அமைப்பேயாகும்.

மின்பொறி எரிபற்றும் பொறி-எரிபொருள் எக்கி. எரிபொருள், தேக்கி வைக்கப்பட்டிருக்கும் இடத்தி லிருந்து எரிகலப்பிக்குப் பலவகை ஏற்றுப்பொருள் களால் விசையுடன் செலுத்தப்படுகிறது. பெரும்பா லும் இடைத்திரை (diaphragm) பொருத்தப்பட்டுள்ள ஏற்றுப்பொறியே பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் அமைப்பு, படத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் இயங்கு புயம், நெம்புருளால் இயக்கப்படுகிறது. இதன் இயக்கத்தால் இடைத்திரை நெம்புகோல் விசையுடன்

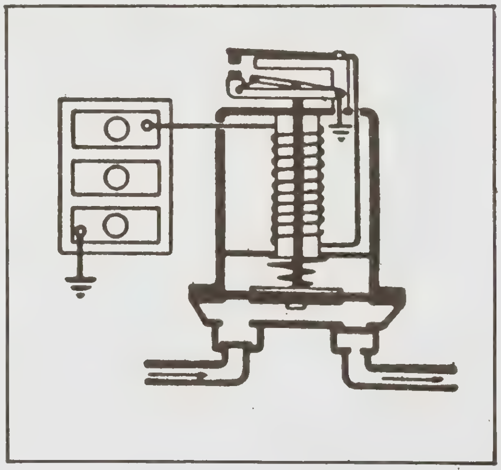


படம் 1 (அ) (ஆ) எந்திரவியல்-இடைத்திரை எக்கி.

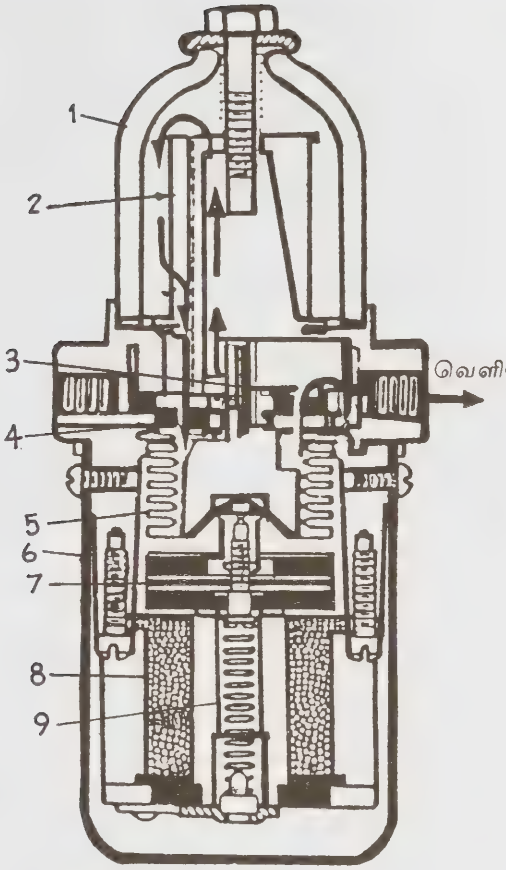


படம் 2. (அ) (ஆ) எந்திரவியல் எக்கி.

கீழ்நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. இந்த நெம்புகோல் இயக்கப் புயத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் இடைத்திரை மேல்நோக்கி நகர்வதை அதன் சுருள் கட்டுப்படுத்துகிறது. இடைத்திரை கீழ்நோக்கி இழுக்கப்படும்போது அதன் மேற்பகுதியில் உள்ள கலத்தில் அழுத்தம் குறைந்து ஏற்றுப்பொறியின் உள்வழி அடைப்பிதழ் வழியே எரிபொருள் தேக்கப் பட்டுள்ள இடத்திலிருந்து உள்ளிழுக்கப்படுகிறது. மீண்டும், இடைத்திரை மேல் எழும்போது உள்வழி அடைப்பிதழ் அடைக்கப்பட்டு வெளிவழி இதழ் திறக்கப்பட்டு, அழுத்தத்திற்குள்ளான எரிபொருள் எரிகலப்பியை நோக்கி வெளியேற்றப்படுகிறது. எரி பொருளின் அழுத்தம் இடைத்திரைச் சுருள் கட்டுப் படுத்தும் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும் போது எரிபொருள் வெளியேற்றப்படுகிறது. இந் நிலையில் எரிகலப்பியின் மிதவையில் அண்மை அடைப்பிதழ் திறந்திருக்கும்.



படம் 3. மின்முறை எக்கி.

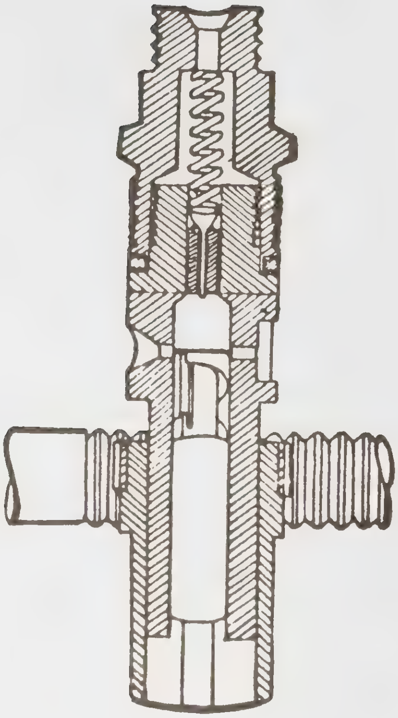


படம் 4 S.U மின்முறை எக்கி.

1 வடிகட்டிக் குடுவை 2 வடிகட்டும் இழை 3 வெளியீடு 4 உள்ளீடு 5 துருத்தி 6 மூடி 7 ஆர்மெச்சூர் 8 மின்காந்தம் 9 திருப்புச் சுருள்வில்

அழுத்த எரிபற்றும் பொறியில் எக்கி. அழுத்த எரிபற்றும் பொறியில், முதலில் காற்று மட்டும் உள்ளிழுக்கப்பட்டு, அழுத்த வீச்சின் முடிவில் எரி பொருள் தாரை செலுத்தப்பட்டு நுண்துகளாகிறது. உருளையின் சுழற்சியிலும், குறிப்பிட்ட நேரத்தில் போதிய அளவு எரிபொருளைச் செலுத்துவதற்கேற்ற இயக்கம் தேவைப்படுகிறது. இவ்வாறு செயலாற்று வது பொறியிலில் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பகுதியான உட்கனல் உட்செலுத்தி ((injector) ஆகும்.

தனித்த ஏற்றுப்பொறி இயக்கம் - பாஷ் ஏற்றுப் பொறி. இவ்வகையினைச் சார்ந்த CAV உட் செலுத்தி ஏற்றுப் பொறியின் அமைப்பு படம் 5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்வழி இணைப்பு மூலம் எரிபொருளூட்டும் பொறி, எரிபொருளைச் செலுத்தி உள்ளீட்டுக் கலத்தினை நிரப்புகிறது. இக்கலம் ஏற்றுப்பொறி அமைப்பின் முழு நீளத்திற்கும் குழாய் போன்று உள்ளது. சிறு துளைவாய்கள் மூலம் ஒவ் வோர் ஏற்றுப் பொறியின் கலமும் உள்ளீட்டுக்



படம் 5. பாஷ் ஏற்றுப் பொறி

கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நெம்புருள் களால் மூழ்கு உந்துகள் இயக்கப்படுகின்றன. மூழ்கு உந்து கீழிறங்கியதும், எரிபொருள் கலத்தை அடை கிறது. மூழ்கு உந்து உயர்த்தப்படும்போது துளை வாய்கள் அடைக்கப்பட்டு, வெளிவழி அடைப்பிதழ் வழியாக எரிபொருள் விசையுடன் செலுத்தப் படுகிறது. பின்னர் அங்கிருந்து எரிபொருள் இணைக் கப்பட்டுள்ள நுண் திவலையாக்கி (atomizer) மூலம் பீச்சப்படுகிறது. காண்க, எரிபொருள் உட்செலுத்து தல்.

கே. ஆர். கோவிந்தன்

எரிபொருள், புதைபடிவு

ஒரு வகை ஆற்றல் பிறிதொருவகையாக மாற்றப் படுவது தான் ஆற்றல் நிலைச் சமன்பாடு. அது போல் வேதியியல் ஆற்றலை வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றலாம். பயனுறு வேலையினைப் பெறப் பெரும் பாலும் வெப்ப ஆற்றலே அடிப்படையாகத் தேவைப் படுகிறது. இவ்வெப்ப ஆற்றலைக் கொண்டு பல் வேறு மாற்று ஆற்றல்களை உருவாக்கலாம்

இவ்வெப்ப ஆற்றலை வெளிக்கொணர வேதியியல் வினைகள் தேவைப்படுகின்றன. கனற்சிக்குள்ளாகித் தன்னகத்தே கொண்டிருக்கும் வெப்ப ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும் பொருள் எரிபொருள் எனப்படும். இது கார்பன் எனப்படும் கரியினைக் கொண்டிருக்கும். காற்றிலிருந்து ஆக்சிஜனைப் பெற்று வேதியியல் மாற்றங்களால் கனற்சிக்குள்ளாகும். ஒவ்வோர் எரிபொருளும் அதன் பண்பியலாகக் கலோரி என்ற வெப்ப அளவீட்டால் குறிப்பிடப்படும்.

எரிபொருள்கள் பொதுவாக வடிவத்தாலும் வெப்ப அளவீடுகளாலும் கனற்சியுறும் பண்புகளாலும் வகைப்படுத்தப்படும்.

புதைபடிவு எரிபொருள். நிலத்தின் அடியில் மறைந்து கிடக்கும் பலவகையான எரிபொருள் உரிய முறையில் வெளிக்கொணரப்படலாம். பிறகு அவற்றைத் தகுந்தவாறு தூய்மைப்படுத்தி உரிய முறையில் தன்மைப்படுத்தினால் ஆற்றல் பெருக்கத்திற்குப் பெரிதும் உதவும். இங்ஙனம் புதைந்து கிடக்கும் எரிபொருள்களை வெளிக்கொணர்ந்து கனற்சியுறச் (combustion) செய்ய வேண்டும். இந்த எரிபொருள் முன்னர் கூறியவாறு திண்ம, நீர்ம, வளிம நிலைகளில் இருக்கலாம். இவ்வகை எரிபொருள் இயற்கையாகக் கிடைக்கும் நிலையிலோ சில மாற்றங்களுக் குட்பட்டுத் தயாரிக்கப்பட்ட எரிபொருளாகவோ பயன்படுத்தப்படுகிறது.

திண்ம எரிபொருள்:	இயற்கைவழி எரிபொருள் - மரத்தூள், நிலக்கரி, நில எண்ணெய், நிலக்கீழ் ஊட்டமில்லா நிலக்கரி வகை (anthracite) புகைமிகு நிலக்கரி (bityminous) பழுப்பு நிலக்கரி (lignite) தூள் நிலக்கரி (pulverised coal)
நீர்ம எரிபொருள்:	பெட்ரோலியம் அல்லது தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட நில எண்ணெய், கல்லெண்ணெய்-நில மேற்படுகைக்குரிய தாது எண்ணெய்.
வளிம எரிபொருள்:	இயற்கை வளிமம், சிவக்க வெப்பப்படுத்தப்பட்ட கரியின் ஊடாகக் காற்றைச் செலுத்தும்போது உண்டாகும் கரி ஊடக வளிமம் (producer gas) - நிலக்கரி வளிமம் வெப்பக் காற்றூட்டப்பட்ட உலை அல்லது சூளையிலிருந்து (blast furnace) வரும் வளிமம்.

நிலக்கரி, பூமியின் அடியில் தேங்கியிருக்கும் இறுகிய எரிபொருள், பல காலத்திற்கு முன் கழிவாக ஒதுங்கிய மண்ணில் புதைந்து திரண்ட அல்லது சிறிது சிறிதாக அடக்கத்திற்குள்ளான மர வகைகள், மரப்படுகைகள், அதிகமான வெப்பநிலை, அழுத்தம் காரணமாக இறுகி அல்லது மட்கிப்போய் பாறையாக மாறி இருக்கலாம்.

மரத்தூள் → தூள் நிலக்கரி → பழுப்பு நிலக்கரி → புகைமிகு நிலக்கரி → நிலக்கீழ் ஊட்டமில்லா நிலக்கரி

இங்ஙனம் மரத்தூள், ஊட்டமில்லா நிலக்கரியாக மாறுகையில் நீர்மங்களும், விரைந்து ஆவியாகிற (volatile) படிமங்களும் குறைந்து கார்பன் படிமங்களின் விகிதம் அதிகரிக்கிறது. கார்பன், ஆக்சிஜன், ஹைடிரஜன் ஆகியவை சேர்ந்து சிறிதளவு ஹைட்ரஜனும், கந்தகமும் கலக்க நேரிடுவதால் நிலக்கரி உருவாகிறது.

எனவே நிலக்கரி பின்வருமாறு வகைப்படுத்தப்படும். வெப்பப்படுத்தும் ஆற்றல் அதிகரிக்கும் வரிசையில், நிலக்கரியைத்- தூள் நிலக்கரி, பழுப்பு நிலக்கரி, புகைமிகு நிலக்கரி, புகையற்ற நிலக்கரி என ஒழுங்குப்படுத்தலாம். இதில் முதல் வகையில் அதிக அளவு நீர்மங்கள் உள்ளமையால் வெப்பமூட்டப் பயன்படாது. பழுப்பு நிலக்கரியில் நீர்மங்கள் இருந்தால் காற்றில் உலரவைத்துப் பதப்படுத்தித் துகள்களாக்கி உபயோகிக்கலாம். இவை வீட்டு உபயோகத்திற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. புகைமிகு நிலக்கரி சிறந்தது என்றாலும் இதில் நீர்மங்கள் குறைவு. இறுதியாக உள்ள நிலக்கரியில் ஊட்டமில்லா நிலக்கரியே பெரிதும் பயனில் உள்ளதாகும். இதில் கார்பனின் விகிதம் அதிகமாக உள்ளது.

பெட்ரோல். இது நில எண்ணெயிலிருந்து பதமாக்கப் பட்டு வடிகட்டப்பட்டு வரும் பிரிவுகளில் உள்ள ஒருவகை நீர்ம எரிபொருள். இது வேதியியல் முறைகளினால் அதிக அழுத்தத்திலும் வெப்ப நிலையிலும் தனி மூலக்கூறுகளாகப் பிரித்தெடுக்கப்படும் ஓர் உயர் ரகநில எண்ணெய் ஆகும். இதனை மேலும் மேன்மைப் படுத்த, ஹைடிரஜனுடன் சேர்த்துச் சிறிது குறைந்த வெப்பநிலையிலும், அதிக அழுத்தநிலையிலும், வேதியல் முறைப்படி மேலும் தனிக்கூறுகளாக்கலாம். பயன்படுத்துவதற்கு முன்னர் பசை மற்றும் பசையாகக்கூடிய படிமங்கள் (gummy materials), கந்தகச் சேர்மானம், நீர்க்கரீயக் கலப்பியிலிருந்து (aromotic) விடுபடும் வகையில் பெட்ரோல் தூய்மைப்படுத்தப் படவேண்டும்.

இந்த வகைப் பெட்ரோல் பெரும்பாலும் மின் பொறியிலும் எரிதாரைப் பொறியியலிலும் கனற்சிக்குப் பயன்படும். மகிழ்வுந்துகள், உட்கனற் பொறி, ஆகாய விமானம் ஆகியவற்றில் எடை குறைந்தாலும் எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய இதன்

இயல்புகள் பெரிதும் உதவும். இருப்பினும் இதன் விலை அதிகம்; எளிதில் தீப்பற்றக்கூடியது.

டீசல். இது நில எண்ணெயிலிருந்து, வேதியியல் முறைப்பிரிகையின்போது அதிகளவு எடையுடன் ஒதுக்கப்படும் எண்ணெய். எளிதில் ஆவியாகாது. விலை குறைந்தது. மண்ணெண்ணெயும் ஒருவகை வளிம எண்ணெயும் நயமாகக் கலக்கப்பட்டுக் குளிர் விக்கப்பட்ட கலவையான எண்ணெயே 'டீசல்' ஆகும். 'டீசல்' நிலத்திலிருந்து பீச்சப்பட்டு, மாறா நிலையில் செப்பமுறாத வேதியியல் முறைப்படி வினையூக்கியின் உதவியால் வினைக்கூறுகளாக்கப் படும்போது கிடைக்கப்பெறும். இது அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியிலும் கொதிநிலை உலைகளிலும் பயன்படும். அழுத்த எரிபற்றுப்பொறியியல் அறிஞர், 'டீசல்' என்பவரால் பயன்படுத்தப்பட்டதால் இது இப்பெயர் பெற்றது.

உலை எண்ணெய். இது கொதிகலனின் எரிபற்று தலுக்கும், வேதியத்தொழிற்சாலை, இரும்புக்கம்பி களை வெப்பப்படுத்தி நீட்டி, மடக்கி உற்பத்தி செய்யும் உருக்கு ஆலைகள் போன்றவற்றின் உலை களில் தீப்பிழம்பாக உட்செலுத்துவதற்கும் (flame injection) பயன்படும். இது வணிகத்துறையில் ஒரு குறியீட்டு எண்ணால் குறிக்கப்படுகிறது. இவ்வெண் அதிகமாக இருந்தால் அது எளிதில் நுண்துகளாகும் தன்மையைக் குறிக்கும். புகையற்ற கனற்சிக்கு உட் படுத்துவது கடினம். அதன் பாகுத்தன்மையும், ஒப்பு அடர்த்தியும் அதிகம். உலையில் உட்செலுத்துவதற்கு முன்னர் சற்றே சூடாக்கப்படுதல் அவசியம்.

எரிபொருள் உலையில் பயன்படுத்தப்பட்டு நேரிடையாக வெப்பத்தை வெளிப்படுத்தும். சில சமயம் கொதிகலன்களில் பயன்படுத்தப்பட்டு வெளிப் படும் வெப்பம் நீராவியை உற்பத்தி செய்யப் பயன் படலாம் அல்லது உட்கனற்பொறி போன்ற அமைப்பில் கனற்சிப் பொருள்களின் வெப்பநிலை அழுத்தம் இவற்றை அதிகரிக்கத் தேவையான பொருளாகவும் பயன்படலாம்.

திண்மப் பொருள்களின் கரி வகையினைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது வெளிப்படும் வெப்ப அளவுக்கு எவ்வளவு விலை என்ற வகையாலும், வடிவ அளவாலும், நீர்மங்களின் அளவுகளில் தேங்கும் சாம்பல்களின் அளவுகளாலும், வெளிப் படும் புகையின் தன்மைகளாலும் இதை வகைப் படுத்தலாம்.

நீர்ம வகை எரிபொருள்கள் பெரும்பாலும் பெட்ரோலிய வகையினைச் சார்ந்தவை. தொன்மைக் காலத்தில் கரி எண்ணெய் (தாரிலிருந்து பிரிக்கப்படும் கெரஸின்) பயன்படுத்தப்பட்டது. நீர்ம வகை எரி பொருளைத் தேர்ந்தெடுக்கையில் அதன் வெப்ப அளவு பாய்மத் தன்மை (fluidity) கொதிநிலை (boiling point), கந்தகம் போன்ற தூசுகள், நீர்மங்கள் - படிவுகள் தங்காது இருத்தல் ஆகிய வற்றைக் கொண்டு பயனுறு வகையில் முடிவெடுக் கலாம். காண்க: டீசல் எண்ணெய், எரிபொருள் எண்ணெய், காசொலின்.

வளிம எரிபொருள்களில் இயற்கைவளிமம் (natural gas) பெட்ரோலியம், மீத்தேன் ஆகியவற்றிலி ருந்து பிரித்தெடுக்கப்படும் வளிமங்கள் சிறப்பானவை. புகழ் பெற்றவை. மேலும் கரி அடுப்பு வளிமம், எரிபொருள் வளிமக் கலவை (carburetted mixture) நீர்வளிமம் போன்றவை கரி, நீராவி பெட்ரோலிய எண்ணெயிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. இவை யும் வியத்தகு பயன்களை அளிக்கின்றன. மேலும் தொழிற்சாலைகளில் பல்வேறு உற்பத்தி முறைகளில் வெளிப்படும் துணை விளைவு (byproduct) வளிமங்களும் உண்டு. இதில் கரி அடுப்பு வளிமம், சூளைவளிமம் (blast furnace gas) ஆகியவை குறிப் பிடத்தக்கவை. மேலும் சிவக்க வெப்பமூட்டப்பட்ட கரியின் ஊடாகக் காற்றைச் செலுத்தும்போது உண்டாகும் தோற்றுவிக்கும் வளிமமும் (producer gas) தனித்தன்மை வாய்ந்தது. காண்க, எரிபொருள் வளிமம்.

எரிபொருள் மின்கலம்

ஓர் எரிபொருளின் வேதி ஆற்றலை நேரடியாக மின் ஆற்றலாக மாற்றும் மின்கலம் (electric cell) எரி பொருள் மின்கலம் (fuel cell) எனப்படும். இம்மின் கலத்தின் ஆற்றலை வெப்பத்தால் கிடைக்கும் மின் சாரத்தின் ஆற்றல் அளவை விட அதிகரிக்கச் செய்ய லாம்; பின்னர் சொன்ன முறையில் வேதிவினையில் எரிதலின் மூலம் வெப்பம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இவ்வெப்பம் வெப்ப எந்திரத்தால் பகுதியளவில் எந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இது மின் ஆக்கியை (generator) இயக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டு மின்சாரம் பெறப்படுகிறது. இவ்வாறு பெறப்படும் நேரடி மின் ஆற்றலை மாறு மின் ஆற்றலாக (alternating current) மாற்றும்போது மேலும் வெப்பம் வீணாகிறது.

கொள்கையளவில் பயன்படுத்தப்படும் வினைப் பொருள்கள் பலவாக இருப்பினும் பொது எரி பொருள் மின்கல வினை என்பது ஹைட்ரஜனும், ஆக்சிஜனும் இணையும் வினையாகவே கருதப் படுகிறது.

$$H_2(வ) + \frac{1}{2}O_2(வ) \rightarrow H_2O(நீ)$$

25°Cஇல், ஒரு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் அதாவது நியம வெப்ப, அழுத்தங்களில் இவ்வினையின் கட்டுறா ஆற்றல் (△G)-56.69 கிகலோ/மோல் அதாவது 2,37,000 ஜூல்கள்/மோல். ஆக இருக்கிறது. நூறு விழுக்காடு நன்கு இயங்கக்கூடிய ஒரு கால்வேனிக் மின்கலத்தில் இவ்வினையை நடைபெறச் செய்தால் 1.23 வோல்ட் மின்சாரம் கிடைக்கிறது. ஆனால் நடைமுறையில் இம்மின்கலங்கள் 73-90 விழுக்காடு திறமையுள்ளனவாகவும், 0.9-1.1 வோல்ட் மின் உற்பத்தி செய்வனவாகவும் உள்ளன.

எரிபொருள் மின்கலங்கள் 200-500 வாட் மின்னாற்றல் உடையனவாகவும், 50-100MA/செமீ² மின் அடர்த்தி உடையனவாகவும் உள்ளன. மேலும் 15kw அளவு மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் மின் கலங்களும் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. 10kw அளவு உற்பத்திக் கலங்களும் தயாரிக்க ஆய்வுகள் நடந்து வருகின்றன.

தற்போது ஏற்பட்டிருக்கும் அறிவியல் முன்னேற்றத்தில் எரிபொருள் மின்கலன்களின் வகைகளை வகைப்படுத்துவது கடினமாகும். ஆனால் இவற்றில் மிக முக்கியமானதும் பலராலும் பயன்படுத்தப் படுவதும் வழிவழியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் ஹைட்ரஜன்-ஆக்சிஜன் நேரடி அல்லது மறைமுக எரிபொருள் மின்கலமாகும். நேரடிமுறையில் ஹைட்ரஜனும், ஆக்சிஜனும் அப்படியே பயன்படுத்தப் படுகின்றன. மறைமுக முறையில், பல்வேறு விதமான மூலப்பொருள்களைப் பயன்படுத்தி ஹைட்ரஜன் தயாரிக்கப்படுகிறது. இதில் நேர்மின்முனை, எதிர் மின்முனைகளில் நடைபெறும் வினைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

$$2H_2 + 4OH^- \rightarrow 4H_2O + 4e^- \text{ (நேர் மின்முனை)}$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- \text{ (எதிர் மின்முனை)}$$

மின்பகுளிகளில் ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் ஆகியன குறைவாகவே கரைவதால் வினை மின்முனை, மின் பகுளி இருதளமுகப்புகளுக்கிடையே நடைபெறுகிறது. இதனால் அதிகமான பரப்புத் தேவைப்படுகிறது. இதைத் துளையுள்ள பொருள்கள் மூலம் பெறலாம். இது மின்பகுளி, வளிமம் ஆகியவற்றிற்கிடையே தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் பரப்பை அதிகரிக்க வேண்டும். வினையை ஊக்கப்படுத்த வேண்டும். மின்முனையின் மேற்பரப்பில் மெல்லிய மின்பகுளிப் படலத்தை ஏற்படுத்த வேண்டும்.

- த. தெய்வீகன்

எரிபொருள் வளிமம்

வெப்பமூட்டப் பயன்படும் வளிம எரிபொருள், எரி பொருள் வளிமம் (fuel gas) எனப்படுகிறது. இவ் வளிமம் உற்பத்தி செய்யப்படும் இடத்திலிருந்து குழாய்களின் மூலம் தேவைப்படும் இடத்திற்குக் கொண்டு செல்லப்படும்.

எரிபொருள் வளிமத்தில் பின்வருபவை குறிப் பிடத் தகுந்தவை; அவை, நிலத்தில் இருந்து வெளிப் படும் இயற்கை வளிமம், நிலக்கரி வளிமம் (coal gas), நீர்மமாக்கப்பட்ட வளிமம் (liquified gas), எண்ணெய் வளிமம் (oil gas) கல் கரியடுப்பு வளிமம் (coke oven gas), உலை வளிமம் (producer gas), நீரக வளிமம் (water gas), சூளை வளிமம் (blast furnace gas), கலவை வளிமம், சாக்கடை வளிமம் (sewage gas), பல்பொருள் செயற்கை அல்லது கூட்டு வளிமம் (synthesis gas) என்பன ஆகும்.

எரிபொருள் வளிமத்தில் முழு அளவிலோ பகுதி யாகவோ பின்வரும் கனற்சியுறும் (combustible) பொருள்கள் இருக்கும். அவையாவன, ஹைட்ரஜன், கார்பன் மோனாக்சைடு, ஈத்தேன், புரோப்பேன், பியூட்டேன், எண்ணெய் ஆவி.

இயற்கை வளிமம். நிலத்தின் அடியிலிருந்து தானாக இயற்கை மாறுபாடுகளால் அல்லது பெட்ரோலிய நிலவியல் காரணமாக வெளிப்படும் எரிவளிமம் இயற்கை வளிமம் எனப்படும். இவை எளிதில் கனற்சியுறும் தன்மை கொண்டவை. இருப் பினும் தீப்பற்றாக் கலவைகளான கார்பன் டைஆக் சைடு, நைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்றவையும் இருக் கின்றன. கேசொலினை உலர்வளிமம் (dry gas), ஈர வளிமம் (wet gas) என்று வகைப்படுத்துவர். இந்த இயற்கை வளிமம் தூய்மையாகவும், எளிதில் கொண்டு செல்லத் தக்கதாகவும் உயர் வெப்ப அளவினைக் கொண்டதாகவும், அதிக வெப்பநிலை யுடையதாகவும் இருக்கும். இதனை எளிதில் பயன் படுத்தலாம்.

கரி வளிமம். இது கரியினைக் காற்றுடன் சேர்த்து வெப்பமூட்டிச்சிதைத்துக் காய்ச்சிவடித்தல் (destructive distillation) மூலம் வெளிப்படும் வளிமம் ஆகும். இம்முறை கரியாக்கம் (carbonisation) எனப்படு கிறது. பயன்படுத்தப்படும் கருவி, வெப்பநிலை உற்பத்தி ஆகியவற்றைப் பொறுத்துப் புகைமிகு நிலக்கரி (bituminous coal) பயன்படுத்தப்படுவ தானால் இவ்வகை வளிமம் வெவ்வேறு கலவைகளில் கிடைக்கிறது. காய்ச்சி வடித்தலில் பயன்படுத்தப் படும் கீழ்நோக்கி வளைந்த கழுத்துடைய கொள் கலத்திலிருந்து (retart) நேரிடையாகவே இவ்வகை வளிமங்கள் வருவதால் இவற்றில் தார், கழிவு

எண்ணெய், அம்மோனியா, ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு ஆகியவை இருக்கக்கூடும்.

நீர்மமாக்கப்பட்ட வளிமம். இவை இயல்பான வளி மண்டல அழுத்த-வெப்பநிலைகளில் வளிம நிலையில் இருக்கும். ஆனால் இப்பெட்ரோலிய வளிமங்களை மிகு வெப்ப அழுத்த நிலையில் நீர்மம் ஆக்கி விடலாம். எளிய வீடுகளில் அடுப்புகளில் (stove) இவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

எண்ணெய் வளிமம். உலை எண்ணெயை மிகு வெப்பப்படுத்துவதால் பிரித்தெடுக்கப்படும் வளிமங்கள் எண்ணெய் வளிமங்கள் எனப்படும். எண்ணெய் தூய்மைப்படுத்தப்படும்போது வெப்பப் பதப்படுத்தலால் (thermal processing) வெளிப்படும் துணை விளை பொருளே எண்ணெய் வளிமமாகும். இவை முதலில் எண்ணெய் தூய்மைப்படுத்தும் கருவிகளில் வெப்பமூட்டவே பயன்படுத்தப்பட்டன. இவ்வளிமத்தில் மீத்தேன், ஈத்தேன், புரோப்பேன், பியூட்டேன், எத்திலின், புரோப்பிலின் ஆகியவை உள்ளன. எரி எண்ணெயை வெப்பப் பதனிடல் (heat treatment) செய்து வளிமமாக்கும்போது வெளிப்படும் முதன்மையான எண்ணெய், எரிவளிமங்களில் குறிப்பிடத் தகுந்தது. இது அதிக அளவு வெப்ப அளவினைக் கொண்டிருக்கும்.

கரியடுப்பு வளிமம். இது கொள்கலன் கரி வளிமம் போலவே தயாரிக்கப்படுகிறது.

உலை வளிமம். சிறிது உயரத்தில் நெருக்கமாக அடுக்கப்பட்டுள்ள கரிப்பாளத்தினூடே நீராவி காற்று ஆகியவற்றை விசையுடன் செலுத்தும்போது உலை வளிமம் உண்டாகிறது. இதில் நைட்ரஜன் மிகு அளவில் இருக்கும். மேலும் இதில் வெப்ப அளவு குறைவாகவும் வினையுறாப் பொருள்கள் மிகுதியாகவும் இருக்கும். இவ்வளிமம் வாசனையற்று இருக்கும். இதில் 25% கார்பன் மோனாக்சைடும் கலந்திருக்கும். முன்பு மிகக்குறைந்த விலையில் கிடைக்கக்கூடிய தொழிற்சாலை வளிமமாக இருந்த இவ்வளிமம் வியத்தகு பயன்தரக்கூடிய பல எரிவளிமங்கள் தற்காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டமையால் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

நீரக வளிமம். இது நீல வளிமம் (blue gas) என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. வெப்பத்தோடு ஒளி விடுகிற கார்பனுடன் நீராவி இணைவதால் ஏற்படுவது நீல வளிமம் (நீர்) எனப்படும். இந்தச் செய்முறை தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் இடைவிட்டு வெவ்வேறு செயல் முறைகளுடன் நடைபெறும். அச்செய்முறைகளில் ஒன்று ஊதுதல் பகுதி (blow period) ஆகும். இப்பகுதிச் செய்முறையில் எரி பொருள், விசையுடன் ஊதப்படும் காற்றின் மூலம் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. பிறிதொரு செயற்கையான வளிமம் தோற்றுவிக்கும் முறையில் வெப்பத்துடன் ஒளி விடுகின்ற எரிபொருளின் பாளத்தின் ஊடே நீராவி செலுத்தப்படுகிறது. இவ்விரு செய்முறைகள் அடுத்தடுத்தும் தொடர்ந்தும் நடத்தப்படும். மிகுதியான ஹைட்ரஜன், கார்பன் மோனாக்சைடு கொண்டிருக்கும் இச்செய்முறையில் தோன்றும் தீப்பிழம்பு நீல நிறத்தில் இருப்பதால் இதற்கு நீல வளிமம் என்று பெயர். நீராவியினால் தோற்றுவிக்கப்படுவதால் இதற்கு நீராவி வளிமம் என்றும் பெயர்.

எரி-வளிமம். நீல வளிமமும் எண்ணெய் வளிமமும் ஒரே சமயத்தில் தயாரிக்கப்பட்டுப் பிறகு கலக்கப்படுவதால் வெளிப்படும் கலவை எரி வளிமம் ஆகும்.

சூளை வளிமம். இது தேனிரும்பு தயாரிக்கப்படும் சூளையிலிருந்து துணை விளைபொருளாக வெளிப்படும் எரி வளிமம் ஆகும். இதில் நிலக்கரி பகுதியளவு கனற்சிக்குள்ளாகும்போது இவ்வளிமம் வெளிப்படுகிறது. இவ்வளிமம் கனற்பொறிகளிலும் எரி அடுப்புகளிலும் எஃகு தொழிற்சாலைகளிலும், கொதிகலன்களிலும் செப்பமற்ற (crude) வெப்பப் படுத்தலிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

-கே. ஆர். கோவிந்தன்

எரிமலை

புவியின் உள்ளே உள்ள பாறை உயர் வெப்ப அழுத்தத்தால் நீர்ம-வளிம-ஆவி நிலையடைந்து, அழுத்தம் தாங்காமல் புவியின் மேற்பரப்பிலுள்ள வெடிப்பு, பிளவு அல்லது சிறு குழாய்போன்ற துளை வழியே பீறிட்டு வெளிவருகிறது. இதுவே எரிமலை (volcano) எனப்படுகிறது. சில நேரங்களில் உருகியுள்ள பாறைகளின் தன்மை, அடங்கியுள்ள கனிமங்களின் வேதி உட்கூறு, மேற்பரப்பிலுள்ள பாறைகளின் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து வெளி உமிழ்வு எரிமலை தோன்றக்கூடும். மேலும் பாறைக் குழம்பில் அடங்கியுள்ள வளிமங்களின் தன்மையைப் பொறுத்து எரிமலைகள் உள் உமிழ்வு எரிமலை, வெளி உமிழ்வு எரிமலை என வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளன.

புவியைவிடச் சந்திரன், செவ்வாய், வியாழன், வெள்ளி ஆகிய கிரகங்களில் எரிமலைகளும் அதனைச் சார்ந்த பொருள்களும் மிகுதியான அளவில் உள்ளன என்று கோள்களின் ஆய்வு முடிவுகள் தெரிவிக்கின்றன.

புவி ஒரு திண்மையான பிழம்பாகும். இதன் வெவ்வேறு ஆழங்கள் குறிப்பிட்ட வெப்ப-இயக்கச்

சமநிலையில் (thermo dynamic equilibrium) உள்ளன. இச்சமன்பாடு புவியின் ஆக்கத்தின் போதே ஏற்பட்டதாகும். ஏதாவது ஒரு பகுதியில் இச்சமன்பாட்டில் மாற்றம் (அழுத்தத்தில் குறைவோ வெப்பத்தில் ஏற்றமோ) ஏற்பட்டால் பாதிக்கப்படும் இடத்தில் உள்ள புவிப்பொருள் திண்ம நிலையிலிருந்து நீர்ம நிலையைப் பெறும். இந்த மாற்றம் ஏற்படும்போது மாபெரும் அளவுப் பெருக்கம் ஏற்படுவதால் செவ்வெப்பத்தில் (redhot) உள்ள சிலிகேட் பாறைக் குழம்பு மேலே உள்ள குறைவான வலிமையுடைய புவி மேல்தோட்டினுள் நுழைகிறது. சில சமயம் புவியின் மேற்பரப்பிற்கும் வந்துவிடுகிறது. எரிமலைக் குழம்பு 1200° - 1500°C வெப்பநிலை கொண்ட அறுபது கி.மீ. ஆழத்திற்கும் கீழ் உண்டாகிறது. இந்த வெப்ப அளவு பாறையின் உருகு நிலைக்கு மேல் மிகும்போது எரிமலைக் குழம்பின் நிலை நீரியக்கவியல் அழுத்தத்தால் மேலே உந்தப்படுகிறது. அழுத்தம் குறைவதால் எரிமலைக் குழம்பில் இருந்த வளிமங்கள் விடுபடுகின்றன. இவை தொடர்ந்தாற்போல் வெடித்துக் கொண்டே வெளிவருவதால் விரைவாக நடைபெறும் தணலியற் செயல்கள் தோன்றுகின்றன. எரிமலைக் குழம்பு உறைவதால் அனற்பாறைகள் உண்டாகின்றன.

எரிமலைத் துளை. பாறைக்குழம்பு வெளிவரும் துளைகள் பொதுவாக பிளவு, குழாய் அமைப்பு என்று வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. நிலமட்டத்திற்கு அடியிலுள்ள பிளவுகளிலும் குழாய் அமைப்புகளிலும் உறையும் பாறைக்குழம்பு பல வகை அனற்பாறைகளை உண்டாக்குகின்றது. நிலமட்டத்திற்கு மேல் வெளிப்படும் பாறைக்குழம்பு, குழாய் போன்ற துளைகளையும், பிளவுகளையும் ஏற்படுத்துகிறது. மூன்று மீட்டர் அகலத்திற்கும் குறைவான பல பிளவுகள் எரிமலையின் உச்சியிலும், அடிப்பகுதியிலும், பக்கங்களிலும் ஏற்படலாம். எரிமலையின் உச்சிப்பகுதி வரை, குழாய்த்துளைகள் ஏற்படுகின்றன. சில எரிமலைகளிலோ, எரிமலைப் பகுதிகளிலோ வெடிப்புத் துளைகள் திரளாக நெருக்கமாக இருந்தால் அவை வெடிப்பு அல்லது பிளவுப் பகுதி (rift zone) எனப்படும்.

எரிமலைப் பொருள். நிலமட்டத்திற்கு வெளிப்படுத்தப்படும் பாறைக் குழம்பு (magma) எரிமலைக் குழம்பு (lava) எனப்படும். இது உடனடியாக உறைந்து திண்மமானால் எரிமலைக் கண்ணாடி உண்டாகிறது. மெதுவாக உறைந்தால் முழுதுமாக திண்மமாவதற்கு முன்னர் படிகமாகும் மிகு தன்மையைப் பெறுகிறது. எரிமலைக் குழம்பு துளையின் வாயிலிலேயே கெட்டியாகிப் (accretion) பல சிறு அமைப்புகளை உருவாக்குகிறது அல்லது வெளியே பாய்ந்து பல கி.மீ தொலைவிற்குச் சிறு ஓடையாகப் பரவுகிறது. பாறைக்குழம்பு தீவிரமாக வெளிப்படும்போது சிறு சிறு துணுக்குகளாகவும் துண்டுகளாகவும் பிரிக்கப்பட்டு, காற்றில் எறியப்படுகிறது. இத்துண்டுகள் வெப்பத்தால் உடைக்கப்பட்ட பொருள்கள் (pyroclastic materials) எனப்படும். காண்க, எரிமலைக் கண்ணாடி.

எரிமலைக் குழம்பின் பாகுநிலையைப் பொறுத்தே அதன் பண்பு அமையும். பொதுவாகக் கருநிறமுள்ள பாறைக்குழம்பு (mafic lava) சிலிசிக் பாறைக் குழம்பைவிடக் குறைந்த பாகு நிலை பெற்றுள்ளது. கருநிற எரிமலைக் குழம்பு வெடிக்கும் தன்மையற்று ஓடையாக ஓடும் தன்மை கொண்டது. சிலிசிக் எரிமலைக்குழம்பு வெடிக்கக்கூடிய தன்மை பெற்று வெப்பத்தினால் உடையும் பாறைத் துண்டுகளை உண்டாக்குகிறது. சில எரிமலைகள் வெப்பத்தினால் உடைந்த பாறைகளை மட்டும் உண்டாக்குகின்றன. எரிமலைக் குழம்பிலிருந்து வெளியேறும் பொருள்கள் திண்ம, நீர்ம, வளிம நிலைகளில் காணப்படுகின்றன.

திண்மப்பொருள். அனைத்து எரிமலைகளிலிருந்தும் திண்மப் பொருள்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவற்றுள் குறிப்பிடத்தக்கவை நெருங்கு நொறுங்கு (breccia) கற்களாகும். இவை எரிமலைக் குழாயை அடைத்துக் கொண்டிருந்த கற்குழம்பு உடைத்தெறியப்படும் போது வெளிப்படும் சிதறிய கற்களாகும். அனற் குழம்பு வெளிப்படும்போது அதில் உள்ள வளிமங்கள் விரிவடைவதால் குழம்பு நுரையுடன் பொங்குகிறது. பின்பு அது குளிரும்போது ஃபியூமிஸ் என்ற நுரைக் கல்லாக மாறுகிறது. ஃபியூமிஸில் குறைசெறிவான வளிமங்கள் வெளியேறுவதற்கு நிறைய துளைகள் (குழிகள்) இருக்கின்றன. இதைப்போலவே ஸ்கோரியா (scoria) என்ற நுரைக் கல்லும் தோன்றுகிறது. எரிமலை வெடிக்கும்போது லாபில்லி என்ற சிறு உருண்டைக் கற்களும் வீசியெறியப்படுகின்றன. அவற்றுடன் அனற்குழம்பு ஆகாயத்தில் தூக்கியெறியப்பட்டுக் காற்றில் உறைந்து திண்மப் பொருளாக நிலத்தில் விழுகின்றது. இது எரிமலைக் குண்டு அல்லது லாவா குண்டு (volcanic bomb) எனப்படுகின்றது. மேற்கூறிய பொருள்களைத் தவிர டஃப் (tuff) என்ற தூசிப் பொருளும் அனற்குழம்பிலிருந்து வெளிப்படுகின்றது.

நீர்மப் பொருள். புவியின் மேல்பரப்பை வந்தடையும் அனற்குழம்பின் வெப்பம் 900°-1200°C வரை இருக்கும். அனற்குழம்பு கடந்து வரும் வேகம் அதன் நீர்மத் தன்மையைப் பொறுத்துள்ளது. நீர்மத் தன்மை அதில் உள்ள சிலிகாவைப் பொறுத்துள்ளது. சிலிகா மிகுதியாக இருந்தால் நீர்மத் தன்மை குறைகிறது. எனவே, சிலிகா மிகுந்திருப்பதை அமில எரிமலைக்குழம்பு (acidic lava) என்றும் சிலிகா குறைந்திருப்பதைக் கார எரிமலைக்குழம்பு

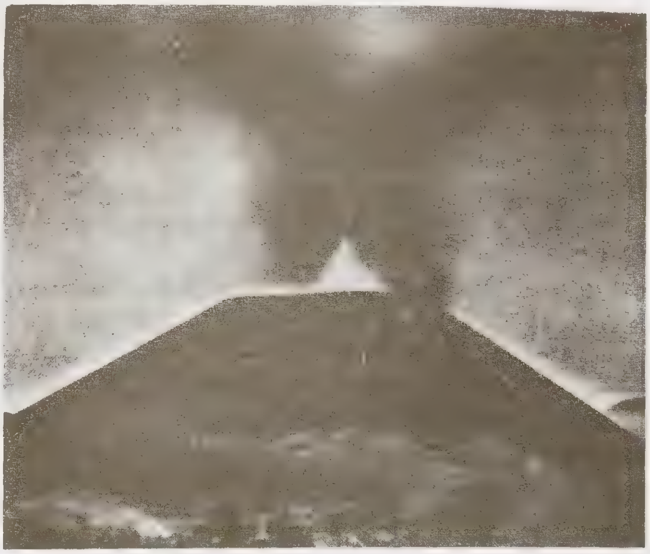
(basic lava) என்றும் அழைப்பர். எரிமலையில் இருந்து வெளிப்படும் கார லாவா அதன் நீர்மத் தன்மை மிகுதியால் மிகுதொலைவுக்குச் சென்று உறைகிறது.

வளிமம். எரிமலை நிகழ்வால் முக்கியமாக வெளிப்படுவது நீராவியாகும். இது 60 - 95% வரை காணப்படுகிறது. இதனால் எரிமலை கக்குதலின்போது முகில்கள் தோன்றுகின்றன. இவை குளிர்ச்சியடைவதால் மழை ஏற்படும். இந்த மழை நீருடன் வெளித்தள்ளப்பட்ட தூசுகளும் கலந்து கேடுதரத்தக்க சேறு வழிதல் (mud flow) ஏற்படுகிறது. இதைத் தவிர கந்தகம், ஹைட்ரஜன், ஃப்புளோரின், கார்பன்டை ஆக்சைடு, குளோரின், போரான் போன்ற வளிமங்களும் வெளிப்படுகின்றன. இவ் வளிமங்கள் அனற்குழம்பின் உருகுநிலையைக் குறைக்கின்றன. ஆழத்தில் அழுத்தம் மிகுதியாக உள்ளதால் இவ்வளிமங்கள் நீர்மமாகித் தீக்குழம்புடன் கலந்து விடுகின்றன. பாறைக் குழம்பு வெளியேறும்போது அதில் கலந்திருக்கும் வளிமங்களும் வெளியேறுகின்றன. இவ்வளிமங்கள் பெரும்பாலும் வளிமண்டலத்திலேயே வீணாக்கப்படுகின்றன. வெப்பமான பாறைக் குழம்பின் இடையீட்டால் உயரச் செல்லும் லாவாவின் மிகு அளவு வெப்பம் குட்டையின் (pool) மிகு அளவு வெப்பமாக இருக்கும். 1902 ஆம் ஆண்டில் பீல மலையில் எரிமலை கக்குதலின் போது மிகு வளிமங்களும், லாவாத் துண்டுகளும் மலைச் சரிவுகளில் வழிந்தோடப் பல உயிர்ச்சேதங்கள் ஏற்பட்டன. இவ்வாறே வட கலிபோர்னியாவில் லாஸ்ஸென் மலையில் 1915-ஆம் ஆண்டு ஏற்பட்ட வெப்பமான பெரிய வெடிப்பினால் காடுகளில் உள்ள மரங்கள் அழிக்கப்பட அது அழிக்கப்பட்டபகுதியென்று குறிப்பிடப்படுகிறது.

எரிமலைக் குழம்பு வெடித்து வெளியேறும் தன்மையைப் பொறுத்து எரிமலைக் கூம்புதோன்றும் முறையை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை செயல்படும் எரிமலை (active volcano), செயலிழந்த எரிமலை (extinct volcano), உறங்கும் எரிமலை (dormant volcano) எனப்படும். அனற்குழம்பு வெடித்து வெளியேறும்போது அதன் அழுத்தம், வளிம அளவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து எரிமலைகள் பல உருவங்களை அடைகின்றன. இவ்வடிப்படையில் மலைகளை ஹவாய் வகை, ஸ்டாம்போலிவியன் வகை, வல்கானியின் வகை, வெசுவியஸ் வகை, கிராக்கடோவா, பெலிவிய வகை எனப் பிரிக்கலாம்.

இந்தியாவில் எரிமலைச் செய்கை, கிரேடஷியஸ் காலம் முதல் இயோசின் காலம் வரை மிகுதியாகக் காணப்பட்டது. அந்த இடங்களில் மிக முக்கியமானவை வங்காள விரிகுடாவில் பேரன் தீவு, நார் கொண்டம் தீவு ஆகியவை. பேரன் தீவில் எரிமலைக்கூம்பும் எரிமலைவளிமமும் காணப்படுகின்றன. எரிமலை குழம்பாக்கத்தின் அடிப்படையில் திண்மப் பொருள்கள் வெளிப்பட்டுக் கனிச் செல்வங்களை அளிப்பதோடு, அடிப்படையான மேற்காணும் வகைப் பாறைகளையும் தோற்றுவிக்கின்றன.

எரிமலைக் குழம்பின் பாய்வு. மேற்பரப்பின் பண்பைப் பொறுத்து எரிமலைக் குழம்பின் பாய்வு பிரிக்கப்படுகிறது. வழவழப்பையும், மேடுபள்ளங்களையும், சுருக்கங்களுடன் கூடிய கயிறு போன்ற அமைப்பையும், ஏற்படுத்தும் பாய்வு பகோஃகோ எனப்படும். கூர்மையான முள் போன்ற அமைப்புகளைக் கொண்ட சுரடுமுரடான சீரற்ற மேற்பரப்பை ஏற்படுத்தும் பாய்வு ஆ (aa) எனப்படும். பாய்வின் மேற்பகுதியைக் கொண்ட துண்டுகள் வழவழப்பான பக்கங்களையுடைய பலகோணங்களைக் கொண்டிருக்கும். இது கட்டி அல்லது பாள எரிமலைக் குழம்பு (block lava) எனப்படும். மிகுதியாகப் பாகுநிலை கொண்ட ஆண்டிசைட் எரிமலைக் குழம்பு, கட்டி எரிமலைக் குழம்புப் பாய்வை ஏற்படுத்துகிறது. நிலத்தின் மேற்பரப்பில் பாயும் எல்லா எரிமலைக் குழம்புப் பாய்வும் குழிகள் பெற்றுக் காணப்படும். சில சமயம் கனிப்பொருள் நிறைந்த ஆவிக் குமிழிடங்களும் காணப்படும். பகோஃகோ பாய்வு நீரில் பாயும்போது, தானியங்கள் கொண்ட பைகள் அல்லது தலையணைகள் போன்ற அமைப்பை வெட்டு முகத்திலும், சீரற்ற நீள்பட்டக் குவியலையும் ஏற்படுத்துகிறது. இத்தகைய எரிமலைக் குழம்பு, மிகப் பெரிய அளவிலான கடலடித்தளத்தை ஏற்படுத்துகிறது.



படம் 1
குழாய் போன்ற துளை வழியே எரிமலைக் குழம்பு வெளியேறி எரிமலைக் குன்றை ஏற்படுத்துதல்

வெப்பத்தால் உடைக்கப்படும் பொருள்கள் (pyroclastic materials). அதிக ஆழத்தில் மிகுந்த அழுத்தத்திலுள்ள எரிமலைக் குழம்பு வளிமத்தைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால் குறைந்த அழுத்தமுள்ள பகுதிகளில் எரிமலைக் குழம்பு வெளியேறும்போது குழம்பிலிருந்து வளிமம் வெளியேறுகிறது. பொதுவாக வளிமம் எரிமலைக் குழம்பிலிருந்து சிறு ஓசையுடனும் ஓசையின்றியும் வெளியேறுகிறது. மிகு பாகுநிலை கொண்ட நீர்மங்களில், வளிமம் வெளியேறுவதற்கு முன்பும் வெடிப்பதற்கு முன்பும் ஓரளவு அழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. மிகுதியான வளிமத்தைக் கொண்டுள்ள சிலிசிக் பாறைக்குழம்பு மேற்பரப்பில் வெளியேறும்போது நுரைக்கும்படிச் செய்தால் அதிலுள்ள வளிமம் உடனடியாக வெளியேறக் குமிழியிடங்கள் ஏற்படுகின்றன.

ஏற்படுத்துகின்றன. இப்பாய்வு ஓய்வு பெற்றும் துகள்கள் சூடாகவே உள்ளன. இக்கண்ணாடித் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டியோ, படிவின் மையத்தில் இணைந்தோ கருமையான ஆப்சிடியன் திண்மப் படலத்தை உண்டாக்குகின்றன. விரைவாக நகரும் வெப்பத்தால் மிளிர்கின்ற சாம்பல் பாய்வு, மிளிரும் பனிப்பாறைச் சரிவு எனப்படும். ஆனால் இவை பொருள்களுக்குத் தீங்கு விளைக்கின்றன.

எரிமலை வெடிக்கும்போதும் நீர்மக் குழம்பு வெளியே பறக்கும்போதும் வட்டமான வடிவத்தை மீண்டும் பெறும். இது வெடிகுண்டு (3.2 செ.மீ. விட்டம்) அல்லது லாபில்லி (4-3.2 செ.மீ. விட்டம்) எனப்படும். தரையை வந்தடையும்போது பெறும் வடிவத்தைப் பொறுத்து மாட்டுச்சாண

படம் 2 சாம்பல், வளிமங்கள் எரிமலைவாய் வழியே வெளியேறுதல்

வளிமம் தீடீரென்று விரிவடைவதால் நுரைத்த குழம்பு சிறுசிறு துகள்களாகப் பிரிக்கப்படும். பின்னர் இது உறைந்து எரிமலைக் கண்ணாடியாக மாறும். வளிமம் தொடர்ந்து கிளர்ச்சியுறுவதால், சிறு சிறு திண்மங்களும், குறை திண்மத் துகள்களும் ஏற்படுகின்றன. இவற்றைச் சுற்றி விரிவடையும் வளிமங்களும் உள்ளன. இதனால் ஒன்றோடொன்று தொடர்பற்ற திண்மத் துகள்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றினூடே உள்ள காற்று மேலும் விரிவடைவதால் இத்தொகுதி முழுதும் விரிவடையும் தன்மையைப் பெறுகிறது. இறுதியாக திண்மத்துகள்கள் மிகு வேகத்துடன் சரிவுகளில் பாய்ந்து, நீண்ட தொலைவு பரவி, தட்டையான மேற்பரப்புடைய படிவுகளை

வெடிகுண்டு, சுழலச்சு வடிவ வெடிகுண்டு, பட்டை வடிவ வெடி குண்டு எனப் பலவாறு பிரிக்கப்படும்.

நுரையுடன் உள்ள பாறைக்குழம்பின் சீரற்ற துணுக்குகள் எரிமலைக் குழம்புத் துண்டு (cinder) எனப்படும். வாரியடிக்கும்போது துணுக்குகள் நெகிழ் தன்மையுடன் இருப்பின் ஸ்பாட்டர் எனப்படும். மிகு பாகுநிலையிலுள்ள எரிமலைக் குழம்புத் துண்டுகள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொண்டு இணைந்த ஸ்பாட்டரை உண்டாக்குகின்றன. திண்மமாகவோ அதிக பாகுநிலையிலுள்ள 3.2 செ. மீட்டருக்கு அதிகமான விட்டமுள்ள கோணத் துண்டுகள் வெளியேற்றப்படும்போதோ வட்டமான வடிவத்தை

அடைகின்றன. அவை பாளங்கள் அல்லது கட்டிகள் எனப்படும். இவற்றின் திரள் எரிமலை நெருங்கு நொறுங்கு கற்படிவை (volcanic breccia) உண்டாக்கு கிறது. 4 மி. மீ. விட்டத்திற்கும் குறைவாக உள்ளது சாம்பல் என்றும், 0. 25 மி. மீ. விட்டத் திற்கும் குறைவாக உள்ளது தூசி அல்லது அழுக்கு என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. கெட்டியாக்கப்பட்ட எரிமலைச் சாம்பல் அல்லது தூசி டஃப் எனப்படும். வெப்பத்தால் உடைக்கப்பட்ட எல்லாப் பொருள் களும் டெப்ரா என்று குறிக்கப்படும்.

எரிமலைத் தூசி. எரிமலை கடுமையாக வெடிக் கும்போது மீவளி மண்டலம் (Stratosphere) வரை எரிமலைத் தூசி வெளியேற்றப்படுகிறது. அவ்வாறு வெளியேறும் தூசி புவியின் மேற்பரப்பில் பலஆயிரம் கி. மீ. வரை செல்கின்றது. வெளியேற்றப்படும் பொருள்களில் எரிமலைத் துண்டுகள், எரிமலைக் கண்ணாடிகள், நீள்வட்ட வடிவக்கண்ணாடிகள் கந்தக அமிலத்துளிகள், சல்பேட்டுகள், குளோரைடு கள் போன்றவை மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன எரிமலை வெடித்தபின் காணப்படும் மேகக் கூட்டத் தில் உள்ள திண்மத் துகள்கள் சில நாள்களில் அல்லது சில வாரங்களில் கீழே தங்கிவிடுகின்றன. ஆனால் ஒரு சில நுட்பத் துகள்கள் ஓர் ஆண்டிற்கு மேலும் மீவளி மண்டலத்தில் சுற்றிக் கொண்டிருக்கின்றன. பல மாதங்களுக்குப் புவி முழுதும் கண்கவரும் சாயுங் காலத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. முக்கியமான எரிமலை களிலிருந்து வெளிப்படும் எரிமலைத் தூசி, கந்தகத் தூசிப்படலங்கள் சூரியக் கதிர்களைத் தடை செய்து புவியின் மேற்பரப்பு வெப்பத்தைக் குறைக்கின்றன. இதனால் உலகத்தின் தட்பவெப்பநிலை தாக்கப்படு கிறது. பொதுவாக, எரிமலை வெளியீடுகளாலும், தொடர்ந்த அமில மழையாலும் பயிர்களும் தாக்கப் படும்.

எரிமலைச் சேற்றுப் பாய்வு. வெப்பத்தால் உடைந்த பொருள், குறைந்த கடினமான பொருள் ஆகியவை எங்கு அதிகமாகக் காணப்படுகின்றனவோ அங்கு எரி மலைச் சேற்றுப் பாய்வு அதிகமாகக் காணப்படும். இவை அதிக ஆழமுடைய ஏரி நீரினால் உண்டாகி, பக்கங்களிலுள்ள சுவர்களை அரித்து, மலையின் சரிவு களில் வழிந்தோடி கூழ்போன்ற பொருளை உண்டாக் குகின்றன. ஓடைகளையோ, பனி ஓடைகளையோ நோக்கிச் செல்லும் வெப்பம் அல்லது குளிர்ச்சியான எரிமலைக் கழிவுப் பொருளான பனிக்கட்டியாலும் சேற்றுப்பாய்வு ஏற்படலாம். எரிமலையின் செங்குத் தான சரிவுகளில் உள்ள நிலையற்ற தளர்வான வெப்பத்தால் உடைந்த பொருள்கள், அதிக மழையி னால் நிறைவும் செறிவும் அடைகின்றன. அப்பொருள் கள் நீருடன் நகர்ந்து மணிக்கு 80-90 கி.மீ. வேகத் துடன் சரிவுகளில் இறங்குகின்றன. அதிக வேகத் தோடு இறங்கும் பொருள்கள் மிகுந்த தீங்கு விளைவிப் பனவாகும். இவ்வாறு இறங்கும் பொருள்கள் வழி யிலுள்ள பொருள்கள் அனைத்தையும் எடுத்துச் செல் கின்றன. எரிமலைச் சேற்றுப்பாய்வு குளிர்ச்சியாகவோ வெப்பமாகவோ இருக்கலாம். பனிக்கட்டியாற்றின் கீழ் வெடிக்கும் எரிமலையினால் பனிக்கட்டி உருகி, சேற்றுப் பாய்வை ஒத்த நீர்ப்பாய்வு வெள்ளமாக ஓடும்.

ஆவி வெளிப்படும் பிளவும், வெப்ப ஊற்றுக் கண்ணும். பாறைக் குழம்பில்லாமல் எரிமலை வளிமம் மட்டும் வெளிப்படும் துளைகள் ஆவி வெளிப்படும் பிளவுகள் எனப்படும். எரிமலை வெடிக்கும்போதோ, வெடிப்பு களுக்கிடையிலோ ஆவிப்பிளவும், வெப்ப ஊற்றுக் கண்ணும் செயல்படும் எரிமலைகளில் காணப்படு கின்றன. உறங்குகின்ற எரிமலையில் எரிமலை செயலற்றுக் காணப்பட்டாலும் இவை காணப் படுகின்றன. இப்பிளவுகளில் வெளிப்படும் வளிமங் களில் நீராவி, சல்பர் வளிமம், ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம், ஹைட்ரோ ஃபுளோரிக் அமிலம், கார்பன் டைஆக்சைடு, கார்பன் மோனாக்சைடு போன்றவை அதிக அளவிலும் மற்ற வளிமங்கள் குறைந்த அளவிலும் காணப்படுகின்றன. பொது வாகக் காணப்படும் பல உலோகங்களை இவை சிறிதளவு கடத்திச் சென்று மேற்பரப்பில் படிவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன. வெளிச்செல்லும் வளிமங்கள் 500° - 800° C வரை வெப்பநிலையை அடையும். ஹாலோஜன் வளிமங்களும், உலோகங்களும் உயர் வெப்பநிலை ஆவி வெளிப்படும் பிளவுகளில் காணப் படுகின்றன. குறைந்த வெப்பநிலை ஆவி வெளிப் படும் பிளவுகளில் நீராவியுடன் கந்தக வளிமம் அதிகமாகக் காணப்படும். இன்னும் குளிர்ந்த நிலையிலுள்ள பிளவுகள் கார்பன் வளிமங்களை வெளியேற்றுகின்றன. இவை மொஃபெட்ஸ் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. மேலும் ஆவி வெளிப்படும் பிளவுகள் கடலுக்கடியில் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. அவை உலோக சல்ஃபைடுகளை வெளி யேற்றுவதாகவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

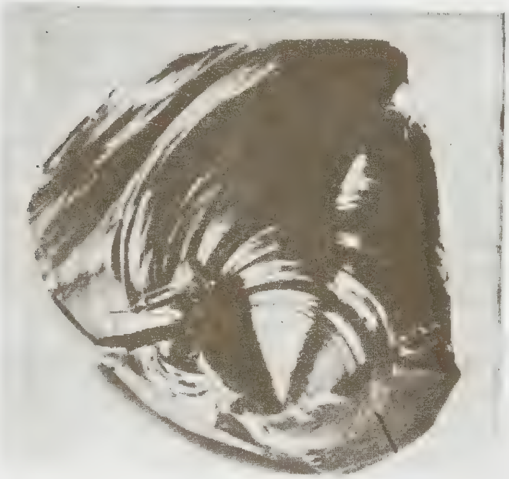
ஆவி வெளிப்படும் பிளவுகள் வெப்ப ஊற்றுக் கண்ணாகவும் (hot spring), வெந்நீரூற்றாகவும் மாறுகின்றன. வெப்ப ஊற்றுக் கண்ணிலுள்ள அதி களவு நீர் பாறைக் குழம்பிலிருந்து மட்டுமல்லாமல் காற்று மண்டலத்திலிருந்தும் கிடைக்கும். புவியில் அதிகமான ஆழங்களில், நீர் வெப்பமான பகுதி களுக்குச் செல்வதால் சில வெப்ப ஊற்றுக் கண்கள் ஏற்படுகின்றன. பல வெப்ப ஊற்றுக் கண்களில் வெப்பம் எரிமலை நிகழ்வினால் கிடைக்கிறது. இதனால் அதிலுள்ள நீரில் எரிமலை வளிமங்கள் காணப்படலாம். மேலும் புவியில் செயல் படும் நிலையில் சுமார் 500 எரிமலைகள் உள்ளன.

- மு. இராமச

எரிமலைக் கண்ணாடி

பாறைக்குழம்பு, எரிமலை வழியாகப் புவியின் மேற் பரப்பிற்கு எரிமலைக் குழம்பாக வெளியேறி வெப்பத் தாழ்வால் குளிரும்போது உண்டாகும் பலவிதப் பாறைப் பொருள்களில் எரிமலைக் கண்ணாடியும் (volcanic glass) ஒன்று. தோற்றத்தில் கண்ணாடியை ஒத்த ஒளிப்பிரதிபலிப்புத் தன்மையும், வழவழப்பும், ஒளி ஊடுருவும் தன்மையும் கொண்டுள்ளமையால் இது எரிமலைக் கண்ணாடி எனப் பெயர் பெற்றது.

இது அனற்பாறைகளில் ஒருவகை ஆகும். அனற் குழம்பு திடீரென்று குளிரும்போது இது உருவா கிறது. அனற்குழம்புப் பாறைகளில் அடங்கியுள்ள தனிமங்களின் அமைப்பு, அதன் நுண் இழைமை (texture) இவற்றைக் கொண்டு பலவகைப் பாறை களாகப் பிரிக்கலாம். இவ்வகை அனற்பாறைகளில், அடங்கியிருக்கும் தனிமங்கள், கண்களுக்குப் புலப் படும் வகையில் அமைந்திருக்கும். ஆனால் எரிமலைக் கண்ணாடி இதற்கு விதிவிலக்காகும். எரிமலைக் கண்ணாடியில் இருக்கும் தனிமங்களை வெறுங்கண் ணால் பார்க்க இயலாத அளவிற்கு, மிக நுண்ணிய தாக இருப்பதே இதன் சிறப்புத் தன்மைக்குக் காரண மாகும்.



எரிமலைக் கண்ணாடி

பொதுவாக, பாறைக் குழம்பு குளிரும்போது, உள்ளீட்டுப்பாறைகளையும் வெளி உமிழ் பாறைகளை யும் உண்டாக்குகிறது. பாறைக் குழம்பு புவிக்கு உட் புறத்திலுள்ள வலிமையற்ற பகுதிகளையும், முன்னைய பாறைச் சந்துகளையும், விரிசல்களையும் பயன் படுத்தி, பின்பு வெப்பநிலைத் தாழ்வால் குளிரும் போது, பாறைக் குழம்பின் வெப்பநிலை படிப்படி யாகக் குறைகிறது. இதனால் ஏற்படக்கூடிய படிக மாதல் நிகழ்வு (crystallisation) மெதுவாக நடை பெறுவதால் தனிமங்கள் பொதுவாகப் படிக அமைப் பில் படிகின்றன. ஆனால் பாறைக்குழம்பு,உமிழ்நேரத் தில் மிகவிரைவில் குளிர்ச்சியடைவதால் கண்ணாடி அமைப்பில் விரைவாகக் குளிர்ந்து அதன் அமைப்பை எரிமலைக் கண்ணாடி அடைகிறது.

எரிமலைக் கண்ணாடியில் ஆக்சிஜன் அதிக அள விலும் சிலிக்கா 35-75%-உம், அலுமினியம் ஆக்சைடு 12-18%-உம், ஃபெர்ரஸ் ஆக்சைடு, ஃபெர்ரிக் ஆக்சைடு, மாங்கனீஸ் ஆக்சைடு, சோடியம் ஆக் சைடு, கால்சியம் ஆக்சைடு, பொட்டாசியம் ஆக் சைடு முதலியன மிகக் குறைந்த அளவிலும் இருக்கும்.

உயர் பிசுப்புமை (viscosity) நிலைமிக்க பாறைக் குழம்பிலிருந்து சிலிக்கா கலவை அதிகமாயிருக்கும் சமயத்தில், திடீரென்று குளிர்ச்சியடையும்போது எரி மலைக் கண்ணாடி உண்டாவதாக வேறுவிதமாக விளக்கலாம். பாறைக்குழம்பு திடீரென்று உடன் குளிர்வதால் ஏற்படக்கூடிய பாறைத் தொகுதிகளின் ஓரப்பகுதிகளில் பாறைக் கண்ணாடி அதிகமாகத் தோன்றுவதற்கு வாய்ப்புகள் உள்ளன.

கண்ணாடிப் பொருள்கள், பொதுவாக வெளி உமிழ் பாறைகளில் அதிகமாகவே இருக்கும். கார அனற்பாறைகளில் கண்ணாடிப் பொருள் குறை வாகவே காணப்படும். கார வகைப் பாறைக்குழம்பின் பிசுப்புமை நிலை,மிகக்குறைவாக இருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். ஆனால் அமில அனற் குழம்புப் பாறைகளில், கண்ணாடி மிக முக்கிய பொருளாக அமைந்திருக்கும். ரயோலைட், ட்ராக்கைட் போன்ற வெளி உமிழ் அனற்பாறைகளில் ஏறக்குறைய முழுமையாகக் கண்ணாடிப்பொருள்கள் ஒரு சில சிறிய படிகத் தனிமங்களுக்கிடையே அமைந்திருக்கும்.

எரிமலைக் கண்ணாடி ஏற்படும்போது கண்ணா டிப் பொருள்களின் குளிரும் தன்மை, மிகச்சிறிய ஒழுங்கான அடுக்கு வளைவுகளாக நுண் உருப் பெருக்கி மூலம் தென்படுகிறது. நுண் உருப்பெருக்கி யில் எரிமலைக் கண்ணாடியை ஆராயும்போது, வெண்மைப் பொருளாகவும், ஒளிபிரதிபலிப்புத் தன்மை அதிகம் கொண்டதாகவும் புலப்படும்.

எரிமலைக் கண்ணாடி, சிறிது வெப்பம் உயர்வத னால் உருகிவிடும் தன்மை கொண்டதால், அரிதா கவே புவியின் மேற்பரப்பில் கிடைக்கின்றது. எனவே எரிமலைக் கண்ணாடிப் பாறைகள் பழங்காலப் பாறை வகையில் அதிகமாகக் காணப்படாமல் நவீன காலப் பாறை வகைகளில் அதிகமாகக் காணப்படும்.

சிலசமயங்களில்; எரிமலைக் கண்ணாடிப் பாறைகளில் ஆங்காங்கே களிப்பாறைத் (shale) துகள்களும் கனிமத் தனிமங்களும் சிறிய பட்டக வடிவில் காணப்படும். பொதுவாக, எரிமலைக் கண்ணாடிப் பாறைகள், கண்ணாடி போன்ற தன்மையையும், அமைப்பையும் பிற படிக ஊடுருவல் இல்லாமையையும் கொண்டிருக்கும்

எரிமலைக் கண்ணாடியின் புறப்பகுதி வழவழப்புத் தன்மை அதிகம் கொண்டதாக அமைந்திருக்கும். கரும்புகை வண்ணத்தில் இருக்கும். இது உடையும்போது சங்கு முறிவாக (conchoidal fracture) உடையும் இயல்பு கொண்டது. இதன் கடினத் தன்மை 6-7; எரிமலைக் கண்ணாடியின் ஒளியியல் பண்புகள் மற்ற பாறை வகைகளைவிட மாறுபட்டே இருக்கும். ஒளி முழு அகப்பிரதிபலிப்பும், ஒளி ஊடுருவும் தன்மையும் கொண்ட பண்புகள் அமைந்திருப்பதே இதன் சிறப்புத் தன்மையாகும்.

எரிமலைக் கண்ணாடி அதன் மூல-பாறைக் குழம்பின் (parent magma) இயற்பியல் தன்மைகளை விளக்குகிறது. மேலும் அருகிலுள்ள புவிப்பாறைகளின் வரலாறுகளையும் வயதையும் குறிப்பிடுகின்ற குறிப்புப் பாறையாகவும் பயன்படுகிறது. எரிமலைக் கண்ணாடி மூலம் அருகிலுள்ள பாறைகள், அவற்றின் மூலப் பாறைக் குழம்பின் வெப்ப வரலாறு போன்றவற்றை நுட்பமாக அறியலாம்.

எரிமலைக் கண்ணாடியைப் பழங்காலத்தில் ஆபரணக் கற்களாகப் பயன்படுத்தினர். அதன் வழவழப்பு மற்றும் ஒளிப்பிரதிபலிப்புத் தன்மையைக் கொண்டு, பலவிதமான ஆபரணங்களைப் பழங்காலத்தில் செய்தனர். கற்கால மனிதர்கள் இப்பாறையை ஈட்டி போன்ற ஆயுதமாக விலங்குகளை வேட்டையாடப் பயன்படுத்தினர்.

-விக்டர் ஜே. லவ்சன்

எரியும் பாதம்

இந்நோயில், குறிப்பாக இரவில் இரண்டு பாதங்களும் எரிச்சலுடன் இருக்கின்றன. போதுமான ஊட்டம் இன்மையால் முதியோர்களிடையே எரியும் பாதம் (burning feet) நோய் தோன்றுகிறது. வலி, சிலசமயம் ஊசி குத்துவது போன்று, தாங்க முடியாதவாறு இருக்கும். இத்துடன் வேறுபல புற நரம்புகளும் பாதிக்கப்படுகின்றன. பேண்டோதெனிக் அமிலக் குறைபாட்டால் இந்நிலை தோன்றுகிறது. சர்க்கரை நோயுள்ளவர்கள், விடாக் குடியர், நீண்டநாள் புகையிலை பயன்படுத்துவோர் ஆகியோரிடையே இந்த நோய் ஏற்படலாம். இந்நோய்க்கு வைட்டமின் B, குறிப்பாக வைட்டமின் B12 கொடுப்பது இதமளிக்கும்.

- அ. கதிரேசன்

எரிவிண்மீன் (விண்வீழ் கொள்ளி)

இருள் சூழ்ந்த இரவில் வானத்தைப் பார்க்கும்போது சில நேரங்களில், சில இடங்களிலிருந்து தீப்பொறி போன்ற துகள் புறப்பட்டு, வேகமாகச் சென்று சில நொடிகளில் மறைந்து விடுவதைக் காணலாம். இவை எரிவிண்மீன்கள் (meteors) எனப்படும். இவ் விண்மீன்கள் விழும் விண்மீன்கள், பாயும் விண்மீன்கள், விண்வீழ் கொள்ளி என வேறு பல பெயர்களாலும் குறிப்பிடப்படும்.

கோள்களுக்கிடையே இயங்கும் சிறு துகள்கள் புவிக்கு அருகில் வரும்போது, புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் ஈர்க்கப்பட்டு, வளிமண்டலத்தில் புகுந்து மிகு வேகத்துடன் செல்லும்போது, காற்றுடன் உராய்வு ஏற்பட்டு அதனால் மிகுந்த வெப்பம் உண்டாகிறது. இவ்வெப்பத்தால் துகள்கள் வளிமமாக மாறிச் சுடர் விட்டு எரிகின்றன. இவ்வாறு தீப்பொறிகளாக மாறிக் கீழ்நோக்கி ஊடுருவிச் சென்று மறைந்து விடுகின்றன. ஆனால் சில துகள்கள் முற்றிலும் எரிந்துவிடாமல் எஞ்சியுள்ள பாகத்துடன் புவியில் வந்து விழுகின்றன. அண்டவெளியில் இயங்கும் இப்பொருள்களுக்கு மீடிராய்டு (meteoroid) என்றும், புவியின் வளிமமண்டலத்தில் எரிந்துகொண்டு செல்லும்போது இப்பொருள்களுக்கு 'எரிவிண்மீன்' என்றும், புவியில் விழும் எஞ்சியுள்ள பாகங்களுக்கு விண்கற்கள் (meteorites) என்றும் சிறப்புப் பெயர்கள் உள்ளன.

இருண்ட வானத்தில் நன்கு கவனித்தால் ஒரு மணிக்கு ஏறத்தாழ ஆறு எரிவிண்மீன்களைப் பார்க்கலாம். ஏறக்குறைய 150 - 200 கி. மீ. தொலைவு வரையிலுள்ள எரிவிண்மீன்கள் கண்களுக்குப் புலனாகும். உலகம் முழுதும் கருத்திற்கொண்டால் ஒரு நாளைக்கு 2. 5 கோடி எரிவிண்மீன்கள் காணப்படும் எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. எந்த இடத்திலும் நள்ளிரவுக்குமுன் காணப்படும் எரிவிண்மீன்களைவிட நள்ளிரவுக்குப் பிறகு தெரியும் எரிவிண்மீன்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்கும் என அறியப்பட்டுள்ளது. நள்ளிரவுக்குமுன் புவி அச்சுச் சுழற்சி, புவியின் பாதைச் சுழற்சிக்கு (orbital motion) எதிராகவும், நள்ளிரவுக்குப்பின் இவை ஒன்றாகவும் இருப்பதுதான் இதற்குக் காரணமாகும்.

எரிவிண்மீனின் எடை சராசரியாகக் கால் கிராம் தான் உள்ளது. ஒவ்வொரு நாளும் மொத்தம் ஏறக்குறைய 10-100 டன் வரையிலும் எடைகொண்ட

எரிவிண்மீன்கள் புவியில் விழுகின்றன. விழுந்த விண் கற்களை ஆய்வு செய்யும்போது சில முற்றிலும் இரும் பாகவும், சில பாறையாகவும், சில இரும்புப் பூச்சு கொண்ட பாறைகளாகவும் காணப்படுகின்றன.

சில சமயங்களில் எரிவிண்மீன்கள் மிகவும் வெளிச்ச மாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்குத் தீப்பந்து எனப்பெயர். சில தீப்பந்துகள் பகல் நேரத்திலும் காணப்படும்; சில, நடுவானத்தில் வெடித்துச் சிதறும்; வெடிக்கும் சத்தம் தரையில் உள்ளவர் களுக்குக்கூட கேட்கும். தீப்பந்தங்கள் புகைமண்ட லத்தை விட்டுச் செல்லும். இம்மண்டலம் ஏறத் தாழ அரைமணிநேரம் வரையிலும் தோன்றும். எரிவிண்மீன்களின் தொலைவுகளை ராடார் கருவி மூலம் கண்டுபிடிக்கலாம்.

எரிவிண்மீன்கள் புவியிலிருந்து சராசரி 95 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் எரியத் தொடங்குகின்றன. சில, 130 கி. மீ. உயரத்திலும் உருவாகின்றன. ஏறக் குறைய 80 கி. மீ. உயரத்துக்கு வரும்போது முற்றி லும் எரிந்து சாம்பலாகி மறைந்துவிடுகின்றன. எரி விண்மீன்கள் வானத்தில் மணிக்கு ஏறத்தாழ 12-72 கி. மீ. வேகம் வரை செல்லுகின்றன. வேகம் அதிக மாகும்போது ஒளியும் அதிகமாகிறது. எரிவிண்மீன் ஒளியை நிறமாலையாகப் பிரிக்கும்போது அவற்றில் மாங்கனீஸ், சிலிகான், அலுமினியம், மக்னீசியம், சோடியம், நைட்ரஜன் போன்ற பல தனிமங்கள் இருப்பது தெரிய வருகிறது.

எரிவிண்மீனாகும் துகள்கள் கோள்களைப் (planets) போலச் சூரியக் குடும்பத்தைச் சார்ந்தவை. இவை கூட்டங்கூட்டமாகச் சூரியனை மிகவும் நீண்ட நீள்வட்டப் பாதைகளில் சுற்றுகின்றன. பாதை முழு தும் துகள்கள் பரவியுள்ளன. இப்பாதைகள் சூரி யனைச் சுற்றி அனைத்துத் திசைகளிலும் உள்ளன. ஆகையால் புவி தொடர்ந்து இவற்றைத் தாக்கவும், இவை புவியைத் தாக்கவும் செய்கின்றன.

எரிவிண்மீன் மழை. ஒவ்வோர் ஆண்டிலும் சில குறிப்பிட்ட நாள்களில் ஆயிரக்கணக்கான எரிவிண் மீன்கள் குறிப்பிட்ட புள்ளிகளிலிருந்து தொடங்கி அனைத்துத் திசைகளிலும் செல்வதைக் காண்பது ஒரு விந்தையான நிகழ்ச்சியாகும். ஒரே இரவில் சமகால இடைவெளிகளில் இந்நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெறும். இதற்கு எரிவிண்மீன் மழை (meteoric shower) என்று பெயர். இதற்கான துகள்கள் கூட்டங் கூட்டமாகத் தங்கள் பாதை களில் செல்கின்றன. இப்பாதைகள் இணை யாக உள்ளனவாகும். கோடுகள் இணையாக வெகுதொலைவில் சந்திப்பனபோலத் தோன்றும். எடுத்துக்காட்டாக, ஓர் இருப்புப் பாதையில் உள்ள இரண்டு இணையான தண்டவாளங்கள் வெகு தொலைவில் சந்திப்பவைபோலத் தோன்று கின்றன. இப்படிப்பட்ட பல இணையான பாதை களில் துகள்கள் இணைந்து வரும்போது இவை ஒரு புள்ளியிலிருந்து தொடங்கி விரிந்து வருவன போலக் காணப்படுகின்றன. இப்புள்ளிக்கு எரிவிண் மீன் தொடங்கு புள்ளி எனப் பெயர். குறிப்பிட்ட மாதங்களில் இப்புள்ளிகள் குறிப்பிட்ட விண் மீன் மண்டலங்களில் காணப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட் டாக, ஆகஸ்ட் 11 ஆம் தேதியில் ஓர் எரி விண்மீன் தொடங்கு புள்ளி பெர்சியஸ் (perseus) விண்மீன் குழுவில் காணப்படுகிறது. ஆகையால் இதிலிருந்து வரும் எரிவிண்மீன் மழைக்குப் பெர்சியாடுஸ் (persiads) எனப் பெயர். இப்பாதைகள் வெவ்வேறு வால் விண் மீன்களின் (comets) பாதைகளோடு ஒன்றியுள்ளமை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகையால் இத்துகள்கள் வால் விண்மீன்களிடமிருந்து சிதறுண்டு அவற் றின் பாதைகளிலேயே செல்கின்றன என ஊகிக்கப் படுகிறது.

அட்டவணையில் சில எரிவிண்மீன் மழைகளின் பெயர்களும் அவை தெரியும் நாள்களும் காணப்படும் விண்மீன் குழுக்களும் அவற்றைச் சார்ந்த வால் விண்மீன் பெயர்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

நாள்	பெயர்	விண்மீன்குழு	வால்விண்மீன்
ஏப்ரல் 21	லிரிட் (Lyrid)	லிரா (Lyra)	1861 I
மே 4	அக்வேரியட் (Aquariad)	கும்பம் (Aquarius)	ஹாலி (Halley)
ஆகஸ்ட் 11	பெர்சியட் (Persiad)	பெர்சியஸ் (Perseus)	1862 I
அக்டோபர் 20	ஓரியனாய்டு (Orionoid)	ஓரியன் (Orion)	ஹாலி (Halley)
அக்டோபர் 31	டௌரிட் (Taurid)	இடபம் (Taurus)	என்கே (Enche)
நவம்பர் 16	லியோநிட் (Leonid)	சிம்மம் (Leo)	1866 I

விண்கற்கள். ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் விண் கற்கள் விழுவதற்கு வாய்ப்பு மிகவும் குறைவு. ஆனால் உலகம் முழுதும் ஓர் ஆண்டுக்கு ஏறத்தாழ ஆயிரம் கற்கள் விழுகின்றன எனக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது.

விண்கற்கள் பூமியில் இரண்டு விதங்களில் கண்டு பிடிக்கப்படுகின்றன. முதலாவதாக எரிவிண்மீன்கள்

புவிக்கு அருகே காணப்பட்டால், அவை புவியில் விழக்கூடிய இடத்தை ஊகித்து அந்த இடத்தில் தேடினால் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட கற்கள் காணப்படுகின்றன. இரண்டாவதாக, புவி சில இடங்களில் வழக்கத்துக்கு மாறாகச் சில கற்கள் இரும்புப் பூச்சு கொண்டவையாகக் காணப்படுகின்றன. இவை முன்னதாக விழுந்த விண்கற்கள். விண்கற்கள் ஏறத்தாழ 5, 6 செ.மீ நீளம் உள்ளவை. சில கூம்பு வடிவத்திலும் சில கோளவடிவத்திலும் உள்ளன.

விண்கற்களை வேதி முறையில் பகுப்பாய்வு செய்யும்போது அவற்றில் புவியில் காணப்படும் மூலங்களே உள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக 30% இரும்பு, 30% ஆக்சிஜன், 15% சிலிகான், 12% மக்னீசியம் மீதியில் கந்தகம், நிக்கல், கால்சியம், சோடியம், கரி. ஈயம் போன்ற பொருள்கள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. விண்கற்களின் வாழ்நாளைக் கணக்கிடும்போது, அவையும் புவியைப்போல் ஏறத்தாழ ஐந்நூறு கோடி ஆண்டுகள் வயதுடையன எனத் தெரிகிறது.

இவற்றைத் தவிர மிகவும் நுண்ணிய விண் கற்கள் அன்றாடம் புவியில் விழுகின்றன. காற்றில் இவற்றின் வேகம் குறைவதால் இவை வெப்பமாவதில்லை. தரையிலும், வீட்டுக் கூரைகளிலும், கடலின் அடிப்பகுதியிலும் படிந்து எடுக்கப்படுகின்றன. இவையும் விண்கற்கள் வகையைச் சேர்ந்தவையே.

கோள்களுக்கு இடையேயான பொருள். கோள்களுக் கிடையே துகள்கள் மிக அதிகமாக உள்ளன. எரி விண்மீன்களை உருவாக்குவதோடுகூட இவை இராசி ஒளி (zodiacal light), எதிர் ஒளி (counter glow) என்ற நிகழ்ச்சிகளையும் உண்டாக்குகின்றன.

சூரியனின் தோற்றப் பாதையில் உள்ள இத்துகள்கள் சூரிய ஒளியை நன்கு பிரதிபலிக்கின்றது. சூரியன் உதயமாவதற்கு முன்னும், மறைந்த பிறகும், சூரியப் பாதையில் சற்று உயரம் வரை மெல்லொளி காணப்படுகிறது. இதற்கு இராசிஒளி எனப்பெயர்.

சில சமயங்களில் காலையிலோ மாலையிலோ, சூரியனுக்கு நேர் எதிர்த் திசையில் ஒளிரும் ஒளி காணப்படுகிறது. இதற்கு எதிர் ஒளி (counter glow) எனப் பெயர். பௌர்ணமி அன்று முழுநிலவு எப்படிச் சூரிய ஒளியை முற்றிலும் எதிர்பலிக்குமோ அதே போல இத்துகள்கள் இந்த நிலையில் சூரிய ஒளியை முழுதும் பிரதிபலிக்கின்றன.

சிறுகோள்கள் (minor planets) என்ற சிறு துகள்கள் செவ்வாய்க்கும் (mars), வியாழனுக்கும் (jupiter) இடையே பலவாக உள்ளன. இவை ஒரு கோளின் சிதறுண்ட பகுதிகள் எனக் கருதப்படுகின்றன. இதே போல எரிவிண்மீன்களைத் தோற்றுவிக்கும் துகள்களும் இக்கோளின் சிதறல்களாக இருக்கக்கூடும் எனக் கருதப்படுகிறது.

வால்விண்மீன்கள், சிதறுண்ட கோள் இவற்றின் மூலம் கிடைக்கப் பெறும் துகள்களால், தனிப்பட்ட எரிவிண்மீன், எரிவிண்மீன்மழை, தீப்பந்து, இராசிஒளி எதிர்ஒளி முதலிய நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன.

-எல். இராஜகோபாலன்

எரு

இது தாவரங்களின் ஊட்டச்சத்து ஆகும். தாவரங்களுக்கு எரு இல்லையேல் அவற்றின் வளர்ச்சி தடைப்பட்டு அவற்றிலிருந்து உணவுப் பொருள்கள் கிடைக்காமல் போய்விடும். மனிதன் முதல் புழுக்கள் வரை எல்லாவித உயிரினங்களுக்கும் தேவைப்படுவது உணவு. இந்த உணவு தாவர உணவாகவும் இருக்கலாம் அல்லது மாமிச உணவாகவும் இருக்கலாம் அல்லது இரண்டுமே இருக்கலாம்.

உயிரின உடலின் பல பாகங்களில் உணவு செல்லும்போது உணவுப் பொருள் பக்குவமடைந்து உடலில் முக்கியமாகச் சிறு குடலிலும் பிறகு பெருங் குடலிலும் உறிஞ்சப்பட்டு இரத்தத்தில் கலந்து உயிரினங்களுக்குத் தேவையான சக்திக்கும் வளர்ச் சிக்கும் உபயோகப்படும். உடலுக்குத் தேவையில்லாததும், தேவைக்கு மேல் உள்ளதும் மலமாகவும், சிறு நீராகவும் வெளியேற்றப்படுகின்றன. அவற்றைக் கழிவுப்பொருள் எனலாம். இந்தக் கழிவுப் பொருளில் மணிச்சத்து, தழைச்சத்து, சாம்பல் சத்துகள் இருப்பதால் இவற்றைப் பக்குவப்படுத்தித் தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு எரு அல்லது உரமாக உபயோகப்படுத்தலாம். மனிதன் மற்றும் உயிரினங்கள் தாவரத்தைச் சாப்பிட்டுத் தேவையான சத்துகளை எடுத்துக் கொண்டு எஞ்சிய பொருளை வெளியில் மலமாகவும், சாணமாகவும், சிறுநீராகவும் வெளியிட அவை தாவரங்களுக்கே மீண்டும் உரமாகப் பயன்படுகின்றன. தாவரங்கள் வளர்ந்து மீண்டும் மனிதனுக்கும் விலங்குகளுக்கும் உணவாகப் பயன்படுகின்றன. ஆகவே, இது ஒரு சுழற்சியாகும்.

எடுத்துக்காட்டாக, சில உயிர்ச்சத்துகளை அதிகமாக உட்கொள்ளும்போது தேவைக்கு அதிகமாக உள்ளவை சிறுநீர் மூலம் வெளியேற்றப்படுகின்றன. எருக்களில் தேவைக்கு மேல் உணவுச் சத்துகள் உள்ளன. தீமை விளைவிக்கக் கூடிய கிருமிகள் இல்லாமலிருந்தால் மாட்டுச் சாணம், ஆட்டுப்பிழுக்கையை 15% விகிதம் கலந்து கோழிகளுக்குத் தீவனமாகக் கொடுக்கலாம். அதே

போல் கோழி எருவை மீன்களுக்கு உணவாகக் கொடுத்து மீன் வளர்க்கலாம். கோழி எருவைக் கால்நடைத் தீவனத்திலும் 30% வரை கலந்து கொடுக்கலாம்.

பல்வேறு எருக்கள் பற்றிய ஒப்பீடு

	தழைச்சத்து	மணிச்சத்து	சாம்பல்சத்து
பசு	0.5	0.096	0.5
ஆடு	1.4	0.222	1.00
கோழி	3	1.14	1.16

விலங்குகள் மூலம் கிடைக்கும் எருக்கள்

	தழைச்சத்து	மணிச்சத்து	சாம்பல்சத்து	சுண்ணாம்புச்சத்து
உலர்ந்த இரத்தம்	13.0	2.0	1.0	0.5
எலும்புத் தூள்	3.5/4.0	22/23	—	31.5
உலர்ந்த மீன் தூள்	9.0	7.0	—	8.5

தாவரங்களிலிருந்து கிடைக்கும் எருக்கள்

	தழைச்சத்து	மணிச்சத்து	சாம்பல்சத்து
மரச் சாம்பல்	—	2.0	5.0
புகையிலை கட்டை	7.0	0.5	6.0
ஆமணக்குப் பிண்ணாக்கு	4.4	1.9	1.4
கடலைப் பிண்ணாக்கு	6.5	1.3	1.5

பசுந்தாள் உரம்

மலைப் பூவரசு	2.2	0.5	2.3
புங்கம் தழைகள்	3.0	0.4	2.2
எருக்கள்	2.1	0.7	3.6

ஆகவே எருக்களைக் கழிவுப் பொருள் என்று சொல்வதற்குப் பதில் உணவின் எஞ்சிய பொருள் என்றும் கூறலாம்.

எருக்களை இரண்டு விதமாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று, இயற்கை எரு. மற்றொன்று செயற்கை எரு.

இயற்கை எரு. 1. விலங்குகள் மூலம் கிடைக்கும் கழிவுப் பொருள்களைத் தொழுஉரம் எனலாம். 2. (1) தாவரங்களின் மூலம் கிடைப்பது பசுந்தழை உரம் ஆகும். பசுந்தாள் உரப்பயிர்களை வயலிலேயே மடக்கி உபயோகிக்கலாம். எ. கா. சணப்பை, தக்கைப்பூண்டு, சீமை அகத்தி. 2. பசுந்தாள் பயிர்களை வேற்றிடத்தில் பயிர் செய்து வயலில் இட்டு உரமாக்குதல். எ. கா. கிளைசீரிடியா, கொளுஞ்சி.

செயற்கை எரு. வேதி உரம்: தழைச்சத்து, மணிச் சத்து, சாம்புல் சத்து மூன்றும் கொண்ட கலப்பு வேதி உரங்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவை அதிக விலையுள்ளவை. இவை இரண்டில் இயற்கை எருவே சிறந்தது. ஏனெனில் (1) இவை மண்ணின் வளத்தை அதிகமாக்கும். (2) மட்கு தொழு உரத்தி லுள்ள உரச்சத்து 2 முதல் 3-பயிர்களுக்கு நிலத்தில் நின்று பயனளிக்கும். (3) வேதிய உரம் ஒரு பயிருடன் பலன் முடிகிறது. (4) வேதிய உரத்தின் மூலம் பயன் பெற அதிக கவனம் தேவை. (5) இயற்கை உரம் இடுவது மூலம் மண்ணின் ஈரப்பிடிப்புத்தன்மை நீடிப் பதால், பயிர்கள் நீண்ட காலத்திற்கு வறட்சியைத் தாங்கும்.

தொழு எருக்களில் அடங்கியுள்ள சத்துகள் மிகவும் குறைவாகும். எனவே பயிர்களுக்கு அதிக அளவில் இட வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு அதிக அளவில் இடுவதற்குத் தேவையான அளவு எரு கிடைப்பதில்லை. இந்த அதிக அளவு எருவை நிலத் தில் இடுவதற்கு அதிகமாக வேலை ஆட்களும் தேவைப்படுகின்றனர்.

ஆகவே எருக்கள் தாவரங்கள், கால்நடைகள் மற்றும் கோழிகளின் தீவனத்தில் பங்கு கொண்டு நாட்டு வளத்தையும், கால்நடை வளத்தை பெருக்கிடவும், உணவுப் பற்றாக்குறையை நீக்கவும் மிகவும் உதவுகின்றன.

- சையத் தாஜுதீன்

எருக்கு

இதன் தாவரவியல் பெயர் கலட்ரோபிஸ் ஜைஜேன்டியா (*calotropis gigantea*) என்பதாகும். இது அஸ்கலபியடேசி எனப்படும் இரு வித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். கலட்ரோபிஸ் என்ற இனத்தில் ஆறு சிற்றினங்களுண்டு. அவற்றில் மூன்று சிற்றினங்கள் வெப்ப மண்டலப் பகுதிகளிலும் ஏனை யவை வெப்பச்சார்பு பகுதிகளிலும் காணப்படுகின் றன. இச்சிற்றினங்களில் க. ஜைஜேன்டியா எனப் படும் எருக்கும், க. ப்ரொசீரா (*C. procera*) எனப் படும் வெள்ளெருக்கும் குறிப்பிடத்தக்கவை.

வளரியல்பு. எருக்கு 2-3 மீ உயரம் வளரக்கூடிய செடி அல்லது சிறு மரமாகும். இச்செடி அடியி லிருந்தே கிளைப்பதால் புதர் போன்ற தோற்றத் தைக் கொண்டிருக்கும்.

இலை. எதிரிலையடுக்கு அமைப்பு, தனித்தவை, காம்பற்றவை, நீண்ட முட்டை அல்லது நீண்ட வட்டவடிவம் கொண்டவை. இலைப்பரப்பின் அடிப் பகுதியில் காது மடல் போன்ற நீட்சிகள் காணப் படும். இலையின் கீழ்ப்பரப்பு சாம்பல் பூசியது போல் இருக்கும். இலை தோல் போன்றிருக்கும்.

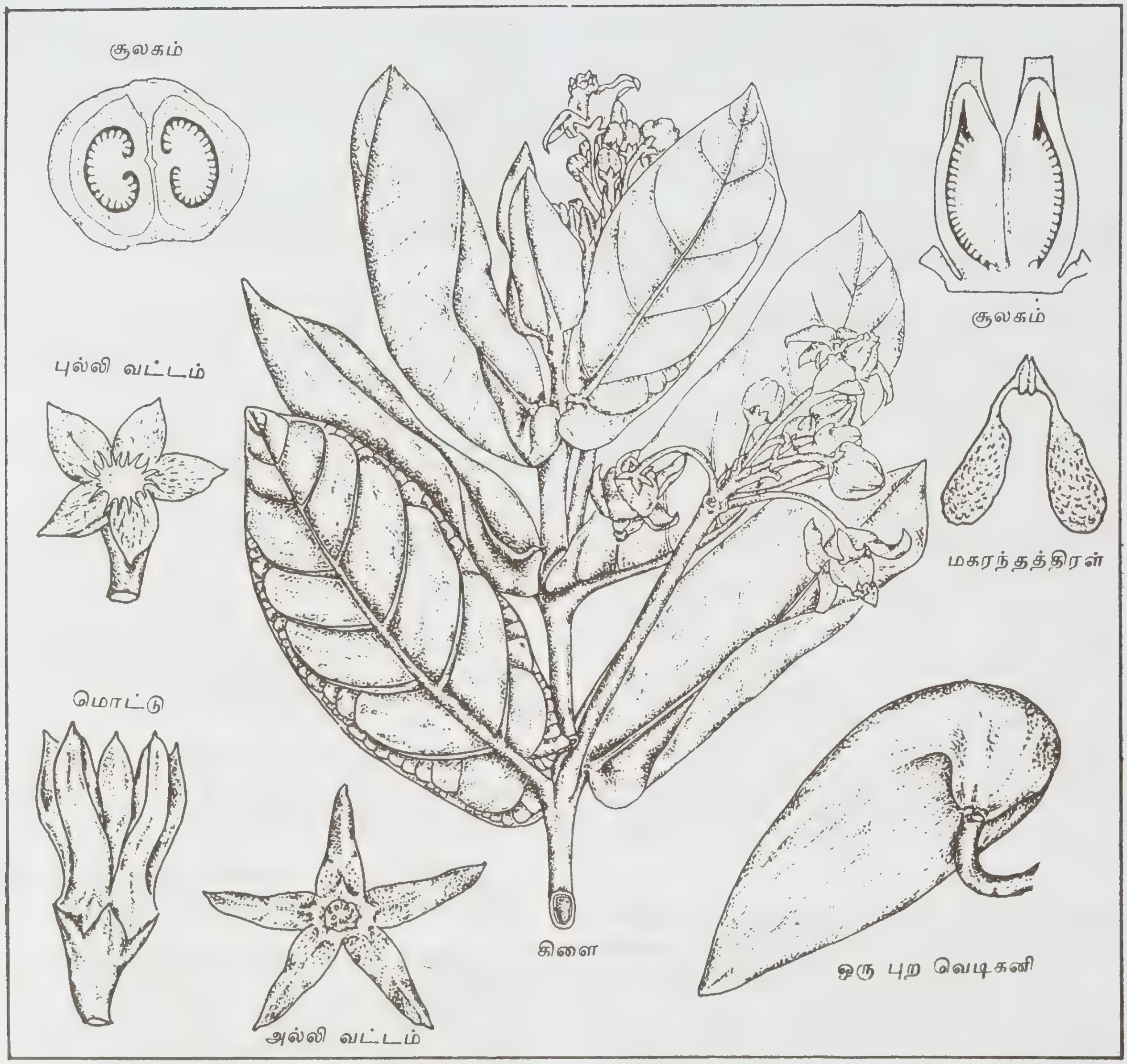
மஞ்சரி. இலைக்கோண அம்பல் (umbel) ஆகும், கொத்தாகக் காணப்படும். பூவடிச் செதில்களும், பூக்காம்புச் செதில்களுமுண்டு.

மலர். முழுமையானவை; இருபால் ஆரச்சமச்சீர் ஐந்தங்கப்பூக்கள்; காம்புடையவை. பொதுவாக வெளிர் ஊதா நிறம் கொண்டவை.

புல்லிவட்டம். 5 புல்லிமடல்கள்; ஓரங்களில் தூவிகொண்டவை. தொடு ஒட்டு அமைப்புடையவை.

அல்லிவட்டம். 5 அல்லிகள்; அடிவரையில் பிரிந்து காணப்படும். மடல்கள் வெளிநோக்கி விரிந்து காணப்படுவது எருக்கின் சிற்றினப் பண்பாகும். இதழ்கள் ஒரே மாதிரியான இளம் ஊதா நிறத்தைக் கொண்டிருக்கும். மேலும் இதழ்களில் சுரப்பிகள் உண்டு. தொடு ஒட்டு அமைப்புடையவை.

பாலின உறுப்பு. எருக்கு மலரின் நடுவில் வேலைப்பாடோடு கூடிய அழகிய அமைப்பே-பாலின உறுப்புகளான மகரந்தத் தாள்கள் சூலகம் ஆகிய வற்றின் கூட்டமைப்பாகும். இவ்வமைப்பு கைனோஸ் டீஜியம் (gynostegium) எனப்படும். மகரந்தத்தாள்கள் 5; உருமாறியவை. அல்லிக்குழலின் அடியிலிருந்து புறப்படும். மகரந்தக் கம்பிகள் 5 உம் இணைந்து குழல் போலிருக்கும். இவற்றின் வெளிப்புறத்தில் 5 வளரிகள் காணப்படும். அவை பக்கவாட்டில் தட்டையாக அடிப்பகுதி உள்நோக்கி வளைந்தும் இருக்கும். மேலும் அவற்றின் அடிப்பகுதி பைப் போல் நீர்த்த பூத்தேனைக் கொண்டிருக்கும்.



எருக்கு

உருமாறிய 5 மகரந்தப்பைகளும் பொலீனியா (pollinia) எனப்படும். அவை கைனோஸ்டீஜியத்தின் மேலே காணப்படும் இடுக்கில், சூல் முடியின் முனைகளில் தொங்கிய நிலையில் அமைந்திருக்கும். ஒவ்வொரு பொலீனியமும் ஒரு பிளவுபட்ட கெட்டியான உறுப்பைக் கொண்டிருக்கும். இத்துடன் இரு சிறுபைகள் இணைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

சூலகம். சூலிலைகள் 2, சூல் அறைகள் 2, தனித்தவை, மேல்மட்ட சூல்பை, சூல்கள் பல விளிம்பு ஒட்டு முறை, சூல்தண்டு இரண்டு தனித்தவை, சூல்முடி ஒன்று ஐங்கோண வடிவம் கொண்டது.

கனி. தனித்த இரு சூல்பைகளும் இரண்டு தனிச்சிறு கனிகளாக மாறும். இதனால் இது திரள் கனி வகையாகும். சிறு கனி ஒருபுற வெடி (follicle) கனியாகும். மேலும் அவை 10-15 செ.மீ. நீளமும் உள்நோக்கி வளைந்துமிருக்கும்.

விதை. தட்டையாக, முட்டை வடிவம் கொண்டவை. ஒரு முனையில் கற்றையாகப் பட்டுப் போன்ற நீண்ட இழைகளைப் பெற்றிருக்கும். இவற்றின் துணை கொண்டு காற்று மூலம் விதை பரவுதல் நடைபெறும்.

மகரந்தச்சேர்க்கை. பூவிலுள்ள தேனைச் சேகரிக்க

வரும் வண்டுகளின் கால்களில் பொலீனியா ஒட்டிக் கொள்ள மகரந்தத் துகள்கள் ஒரு பூவிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படும்.

பயன். எருக்கின் அனைத்து உறுப்புகளிலும் பால் (latex) போன்ற நீர்மம் காணப்படுகிறது. இதில் நீரும் நீரில், கரையக்கூடிய பொருள்களும் ஏறத்தாழ 95% இருக்கும். எஞ்சிய பகுதி ரப்பர் போன்ற பொருளாகும். இதைக் கட்டாபர்ச்சா (gutta percha) என்ற பெயரால் குறிப்பிடுவதுண்டு. எருக்கம்பாலில் ஜைஜேன்டின் (gigantin) எனப்படும் நச்சுப்பொருள் உள்ளது. இதற்குப் பொருளாதாரச்சிறப்பு இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. தோல் பதனிடும் போது, தோலிலுள்ள மயிரை நீக்கவும், நாற்றத்தை அகற்றவும், தோலுக்கு மஞ்சள் வண்ணம் கொடுக்கவும் பயன்படுகிறது. எருக்கம் பாலைப்பெர்சிய ஓபியத்துடன் (persian opium) கலப்படம் செய்வர்.

செடியின் பட்டையிலிருந்து நார் எடுப்பர். இது வெண்மையாக, கெட்டியாக, நாட்பட, பட்டுப் போன்ற நயத்துடன் காணப்படும். இது பருத்தி இழையை விடக்கெட்டியானது. அதனால் இதைக் கொண்டு மீன் வலை, தூண்டில், கயிறு, வில், நாண், ட்வைன் நூல் தயாரிப்பர். இந்த நாரைப் பட்டையிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது சற்றுச் சிக்கலானது. எருக்கங்குச்சிகளை நீராவியிலிட்டு, பிறகு குளிர்ந்த நீரில் அழுகவைப்பர். அதன் பிறகு சம்மட்டியால் அடித்து நாரைப் பிரித்தெடுப்பர். எருக்குக் குச்சிகளை எரித்து கரி த்யாரிப்பதுண்டு. இது எடை குறைவாக இருக்கும். வெடி மருந்துகளும் வாணவெடிகளும் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது. எருக்கு விதையிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கப்படுகிறது. இதற்குப் பயன் மிகுதியாக இல்லை. விதைகளில் காணப்படும் இழைகள் மென்மையாக, பளபளப்புடன் பட்டுப்போன்ற நயத்துடன் காணப்படுவதால், அவற்றைக் கொண்டு மெத்தை மற்றும் தலையணை தயாரிப்பர். மேலும் இவற்றைப் பருத்தி இழையோடு சேர்த்து நூலாகத் தயாரிப்பர்.

மருத்துவப் பயன். எருக்கங்குச்சி, வேர், பட்டை, இலை, பூ மருந்தாகப் பயன்படும். இலையிலிருந்து தயாரிக்கப்படும் கஷாயம், விட்டு விட்டு வரும் காய்ச்சலுக்குச் சிறந்ததாகும். இதன் இலைகளை யானைப்பாகர்கள் யானையின் சீழ்பிடிந்த கட்டிகளுக்கு ஒற்றடம் கொடுக்கப் பயன்படுத்துவர். பொடி செய்யப்பட்ட மலர்கள் சளி, இருமல், ஆஸ்த்மா, செரியாமை முதலியவற்றுக்குக் குறைந்த அளவில் கொடுக்கப்படுகிறது. பொடி செய்யப்பட்ட வேரின் பட்டை வயிற்றுப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்தும். மேலும் இது காசத்தொடர்பான நோய்களுக்கு நலமளிக்கும். இதை மெழுகு போல் அரைத்து யானைக்கால் நோய்க்குப் பற்றுப் போடுவது வழக்கம்.

நச்சுத்தன்மை. எருக்கம் பால் தோலில் பட்டால் அரிப்பு ஏற்படுவதுண்டு. இச்செடியின் சாறு ஹைட்ரோசயனிக் அமிலம் போன்ற நச்சுத்தன்மை கொண்டதாகும். ஆனால் இது தாமதமாக செயல்படக் கூடியது. இச்சாற்றை உட்கொண்டால் இதயத்துடிப்பு மெதுவாகக் குறைந்து வரும். மேலும் உணவுக்குழாய் மண்டலமும் பாதிக்கப்படுவதுண்டு. எருக்கம் பாலைக் கொண்டு சில குழந்தைகளைக் கொல்வதும் இந்தியாவில் காணப்படும் கொடிய பழக்கமாகும். குறிப்பாக, பிறந்த பெண் குழந்தைகளின் வாயில் புதிதாக எடுத்த எருக்கம் பாலை உட்செலுத்துவர். மேலும் கருச்சிதைவிற்கும் இதைப் பயன்படுத்துவதுண்டு. சூலுற்ற பெண்கள் எருக்கஞ்சாற்றை உட்கொள்ளவோ கருப்பையின் வாயிலில் தடவவோ செய்வர். மேலும் எருக்கம் இலைகளை உணவுடன் கொடுத்துச் கொலைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன என்பது மருத்துவ நூல்களால் அறியப்படுகிறது. பொதுவாக எருக்கு கால்நடைகளுக்கு நஞ்சாக அமைவதுண்டு. எருக்குச்செடியில் பப்பாளி செடியிலுள்ள பப்பைன் என்பது போன்றப் புரதத்தைச் செரிக்கக் கூடிய நொதியுள்ளது.

வெள்ளெருக்கு. ஆப்பிரிக்காவைத் தாயகமாகக் கொண்ட இச்செடி எருக்கைவிட உயரம் குறைவாகக் காணப்படும். இச்செடியின் மலர்கள் வெண்மையாக ஊதாப் புள்ளிகளுடன் காணப்படும். மேலும் அல்லி மடல்கள் நேராக நிமிர்ந்து காணப்படும். மலர்கள் மணமுள்ளவை. வெள்ளெருக்குப் பாலில் ட்ரிப்சின் எனப்படும் நொதி காணப்படுகிறது. மேலும் இதயத்தைப் பாதிக்கக் கூடிய நச்சுப்பொருளும் அதிலுண்டு. வெள்ளெருக்குப் பண்புகள் எருக்கை ஒத்திருப்பதால் அதைப் போலவே இதுவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வாதநோய் நீக்கியான மாவேலிச் சூரணம் குஷ்ட நோய் நீங்கப் பயன்படும் குமரன் சூரணத் தயாரிப்பிலும் வெள்ளெருக்கு சேர்க்கப்படுவதுண்டு. வெள்ளெருக்கு விதைகளின் இழைகள் நீளம் குறைவானவை. இவ்விழைகளையும் எருக்கு விதை இழைகளையும் கலந்து பயன்படுத்துவர்.

வெள்ளெருக்கு வயல்களில் களையாக வளருவதைக் காணலாம். அவற்றை 0.3% அடர்த்தியுள்ள 2-4 டை குளோரோஃபீனாக்சி அசெட்டிக் அமிலம் தெளிப்பதன் மூலம் கட்டுப்படுத்த முடியும். எருக்கு வெள்ளெருக்கு இவற்றின் சாறு கொண்ட போதையூட்டும் மது தயாரிக்கப்படுவதாகக் கூறப்படுகிறது. மேற்குத் தொடர்ச்சி மலைவாழ் மக்கள் தயாரிக்கும் மதுவான பார் (bar) என்பதில் எருக்குச் சாற்றையும் சேர்ப்பதுண்டு. இப்பழக்கம் ஆப்பிரிக்க பழங்குடிகளிடமும் காணப்படுகிறது. அங்கு தயாரிக்கும்

கியா (giya) என்ற மது உற்பத்தியிலும் எருக்கு சேர்க்கப்படுவதுண்டு.

-தி. ஸ்ரீகணேசன்

எருது

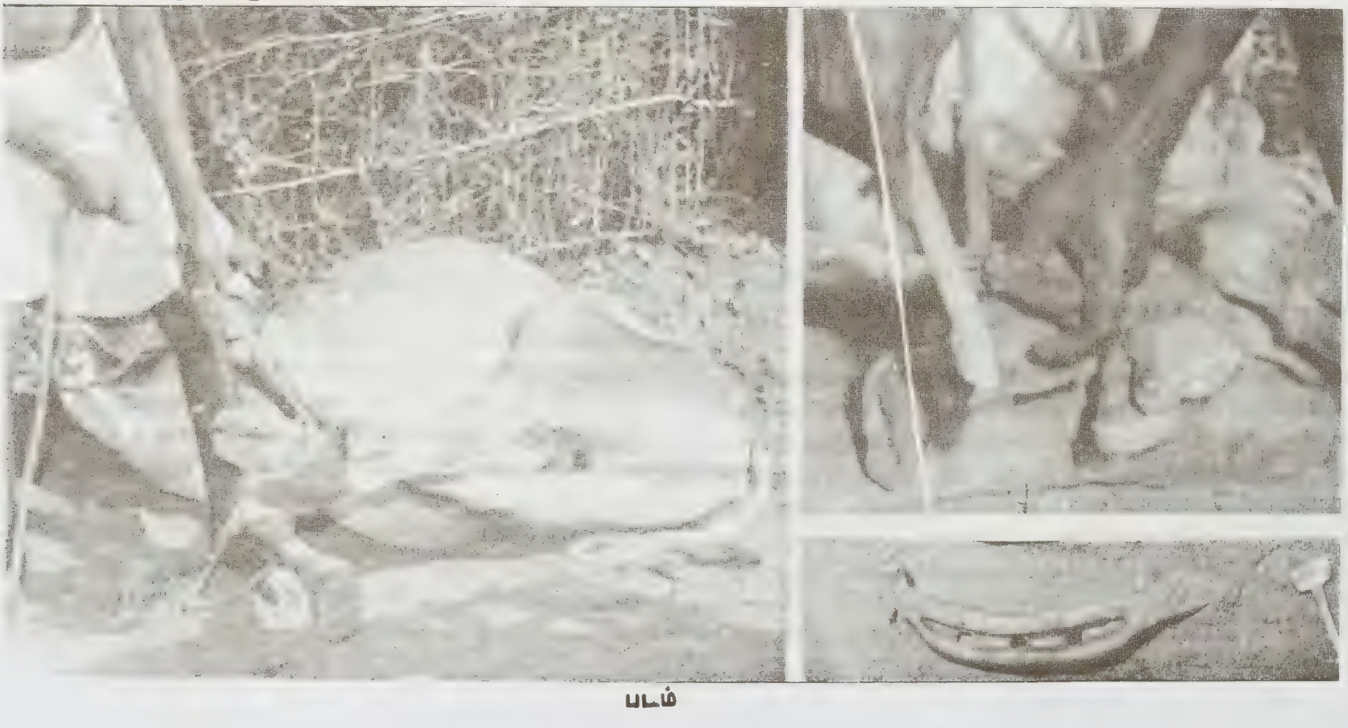
காளைக்கன்றுகளை இளம் பருவத்திலேயே ஆண்மை நீக்கம் செய்வதால் அவை நன்றாக வேலை செய்யும். ஆண்மை நீக்கம் செய்வதால் அவற்றின் உடல் எடை கூட வாய்ப்பு உண்டு. பொதுவாக ஆண்மை நீக்கம் குளிர்ச்சியான நேரத்தில் செய்யப்பட வேண்டும். மழைக் காலங்களில் ஆண்மை நீக்கம் செய்வதைத் தவிர்க்க வேண்டும். ஆண்மை நீக்கம் 12-15 மாதங்களில் கன்றுகளில் செய்ய வேண்டும். இவ்வாறு ஆண்மை நீக்கம் செய்யப்பட்ட காளைகளே எருதுகளாகின்றன.

ஆண்மை நீக்கம். நாட்டு முறையில் ஆண்மை நீக்கம் (காயடிப்பது) செய்வது இன்றும் வழக்கத்தில் உள்ளது. இம்முறை கருணையற்ற செயலாகும். மாட்டைக் கீழே தள்ளிவிட்டு ஒரு கிட்டியினால் விரைநாணைக் (spermatic chord) கட்டிப் பின்பு விரைகளை (testicles) ஒரு மரச்சுத்தியாலோ கையாலோ அழுத்தி நசுக்குவர். இதனால் எருது மிகவும் துன்பத்திற்கு உட்படுவதோடு ஒரு மாத காலம் வரை வண்டியில் பூட்ட இயலாத நிலையும் தோன்றக் கூடும். நசுக்கப்பட்ட மறுநாளில் இருந்த விரை வீங்கிக் கொள்வதால் அந்த வீக்கத்தைக் குறைப்பதற்காக ஒவ்வொரு நாளும் குளிர்ந்த நீரை அடிப்பர்.

புதிய முறையில் பர்டிஸ்ஸோ கேஸ்ட்ரேட்டர் (burdizzo castrator) என்னும் காயடிக்கும் கருவி மூலம் ஆண்மை நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. இந்த முறையின் மூலம் ஆண்மை நீக்கம் செய்வதால் புண் வேகமாக ஆறி நான்கைந்து நாளிலேயே எருதை வண்டியில் பூட்ட வாய்ப்பு உள்ளது. இக்கருவி மூலம் விரை நாண், அதைச் சுற்றியுள்ள இரத்தக்குழாய்கள் ஆகியன நசுக்கப்படும். இந்த முறை எந்தவித வெளிக் காயமும் இல்லாமலும், இரத்த இழப்பு ஏற்படாமலும் செய்யப்படுகிறது.

இலாடம் அடித்தல். மாடுகள் மண்தரையில் நடக்கும்போது குளம்பின் அடிப்பகுதி தேய்ந்து வளர்ச்சி அடைகிறது. ஆனால் கரடுமுரடான பாதையில் நடக்கும்பொழுது குளம்பின் அடிப்பகுதி விரைவாகவும், ஒழுங்கின்றியும் தேய்ந்து விடுவதோடு குளம்புகளின் வளர்ச்சியும் குன்றிவிடுகிறது. குளம்பின் உட்பகுதியில் உள்ள மென்மையான உறுப்புகள் வெளித் தோன்றிக் காயம் ஏற்படும். நொண்டுவதோடு மாட்டிற்கு டெட்டனஸ் நோய் வருவதற்கும் வாய்ப்புண்டு. ஆகவே செய்யும் வேலைக்கேற்ப இரண்டு அல்லது மூன்று மாதங்களுக்கு இரு முறை எருதுகளுக்கு லாடம் அடிக்க வேண்டும்.

மாடுகளுக்குச் சரியான அளவில் இலாடத்தைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். மாடுகளின் கால்களுக்கு ஏற்ப இலாடம் தேர்வு செய்ய வேண்டுமே தவிர, இலாடத்துக்கு ஏற்றவாறு குளம்புகளை எக்காரணத்தைக் கொண்டும் வெட்டக்கூடாது. இலாடம் கட்டுவதற்கு முன் மிகுதியாக வளர்ந்த குளம்புகளை வெட்டிவிட வேண்டும். வெட்டாமல் இலாடம் கட்டினால்



படம்

மாடுகள் நொண்டும். இரு கால்களுக்கும் ஒரே நேரத்தில் இலாடம் கட்ட வேண்டும்.

யோக் கால். (yoke gall). இது எருதுகளுக்கு வரும் ஒரு முக்கிய நோயாகும். பொதுவாக புதிய உழவு மாடுகளுக்கு இது முதல் வாரத்தில் வரும். அவற்றின் தோல் உழவு வேலைக்குத் தேவையான அளவு கெட்டிப்படாததாலும், தோலில் உராய்வு தொடர்ந்து இருப்பதாலும் இந்நோய் உண்டாகிறது. இவற்றைச் சரிவரப் பேணாவிட்டால் ஆழ்ந்த காயங்கள் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு. மாடுகள் மிகுதியான சுமையை இழுப்பதால், தோலின் அடியில் உள்ள திசுக்களுக்குச் சீரான இரத்த ஓட்டம் இல்லாமல் போவதால், இந்த நோய் உண்டாகிறது. இதைத் தவிர்க்க அகலமான, மென்மையான நுகம் பயன் படுத்த வேண்டும். இதனால் எடை எல்லா இடங்களுக்கும் பகிர்ந்தளிக்கப் படுகிறது. மேலும் மாடுகளைக் குறைந்த நேர வேலையில் ஈடுபடுத்துவதாலும் ஓய்வு நேரங்களில் தோலையும் நுகத்தையும் தூய்மையாக வைத்திருப்பதாலும் நோய் வாராமல் தடுக்கலாம்.

எருதுகளைப் பழக்கும் முறை. எருதுகளை வேலைக்குப் பழக்கும்போது முதலில் அவற்றைத் தனியாக நடத்த வேண்டும். பின்பு ஏரில் பூட்ட வேண்டும். ஓரளவு பழகிய பின்னரே அவற்றை இணையாகப் பூட்ட வேண்டும். எருது கட்டளைக் கேற்றவாறு நடந்து கொள்ளும்போது நன்றாகப் பழகிய எருதுடன் ஏரில் பூட்ட வேண்டும். முதலில் எந்தச் சுமையும் வைக்காமல் பழக்கிய பிறகு எடையைச் சிறிது சிறிதாகக் கூட்ட வேண்டும். இவ்வகைப் பயிற்சியைத் தொடர்ந்து சீராக அளிக்க வேண்டும். பயிற்சி நாளில் தொடர்ந்து நீண்ட நேரம் பழக்குவதை விடத் தகுந்த ஓய்வு கொடுத்து இரண்டு மூன்று முறை பழக்குவது நல்லது.

மாடுகள் வேகமாகச் செல்வதற்குப் பின்தொடையில் தார்க்குச்சியைக் கொண்டு குத்தும் வழக்கம் இருந்து வருகிறது. இதனால் அந்த இடம் காயம் அடைவதோடு டெட்டனஸ் நோயும் தோன்றலாம். மாடுகள் நன்கு வேலை செய்யச் சிறு குச்சிகளைப் பயன்படுத்தலாம். காண்க, இந்திய மாடுகள்.

எருதுகளைத் தேர்வு செய்யும் முறை. எருதுகள் நல்ல உடலமைப்புடனும்,உடல் நலத்துடனும் இருக்க வேண்டும். நிற்கும்போது அவற்றின் தலை நிமிர்ந்தும் வால் உயர்ந்தும் இருக்க வேண்டும். வேலையில் நல்ல கவனத்துடனும் சுறுசுறுப்பாகவும் இருக்க வேண்டும்.

திமிலின் பின்புறம் உயரமாகவும், நல்ல அமைப்புடனும், காணப்பட வேண்டும். நடக்கும்போது வேகமாகவும், ஒரே சீராகவும், எந்த இடையூறும் இல்லாமலும், இயல்பாக நடக்க வேண்டும். கழுத்து நன்றாகச் சதைப்பற்றுடனும் உறுதியாகவும் இருக்கும் மாடுகள் சுமை இழுக்கும். கழுத்து சதைப்பற்று இல்லாமல் இருக்கும் மாடுகள் விரைவாக வேலை செய்யும். தோல் நன்றாக உறுதியுடன் இருக்கும் மாடுகள் சிறந்த பண்புகளுடன் நலமிக்கனவாகவும் இருக்கும். பாதங்கள் கடினமாகவும், கறுப்பு நிறத்துடனும், எண்ணெய்ப்பசை கொண்டவையாகவும் இருக்க வேண்டும். இரு குளம்புகளும் ஒரே நீளத்துடனும், குறுகியும் இருக்க வேண்டும்.

எருதுகளின் பாதுகாப்பு. எருதுகளை ஏனைய கால்நடைகளைப் போலவே நல்ல முறையில் பேண வேண்டும். மழை, வெயில் ஆகியவற்றிலிருந்து பாதுகாக்கத் தகுந்த தங்குமிடம் வேண்டும். வெயில் நேரங்களில் சுமையிழுக்காமல் குளிர்ந்த நேரங்களில் வண்டி இழுக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். அவற்றுக்கு அளிக்கும் வேலை சாதாரண வேலையாக இருந்தால் 8 மணி நேரமும் கடுமையான வேலையாக இருந்தால் 6 மணி நேரமும் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். சாதாரண வேலை என்பது 6 மணி நேரம் வண்டி இழுத்தல் அல்லது 4 மணி நேரம் உழவு செய்தல் ஆகும். கடின வேலை என்பது 8 மணி நேரம் வண்டி இழுத்தல் அல்லது 6 மணி நேரம் உழவு செய்வது ஆகும்.

வேலை செய்வதற்கு 1 மணி நேரம் முன்பு தீவனம், நீர் கொடுக்க வேண்டும் அல்லது வேலையிலிருந்து திரும்பிய உடன் நீர் கொடுத்துப் பின்பு ஒரு மணி நேரம் சென்றபின் தீவனமும், நீரும் கொடுக்க வேண்டும். இதன் மூலம் சில நோயிலிருந்து (எ. கா. வயிறு உப்புதல்) எருதுகளைக் காக்கலாம்.

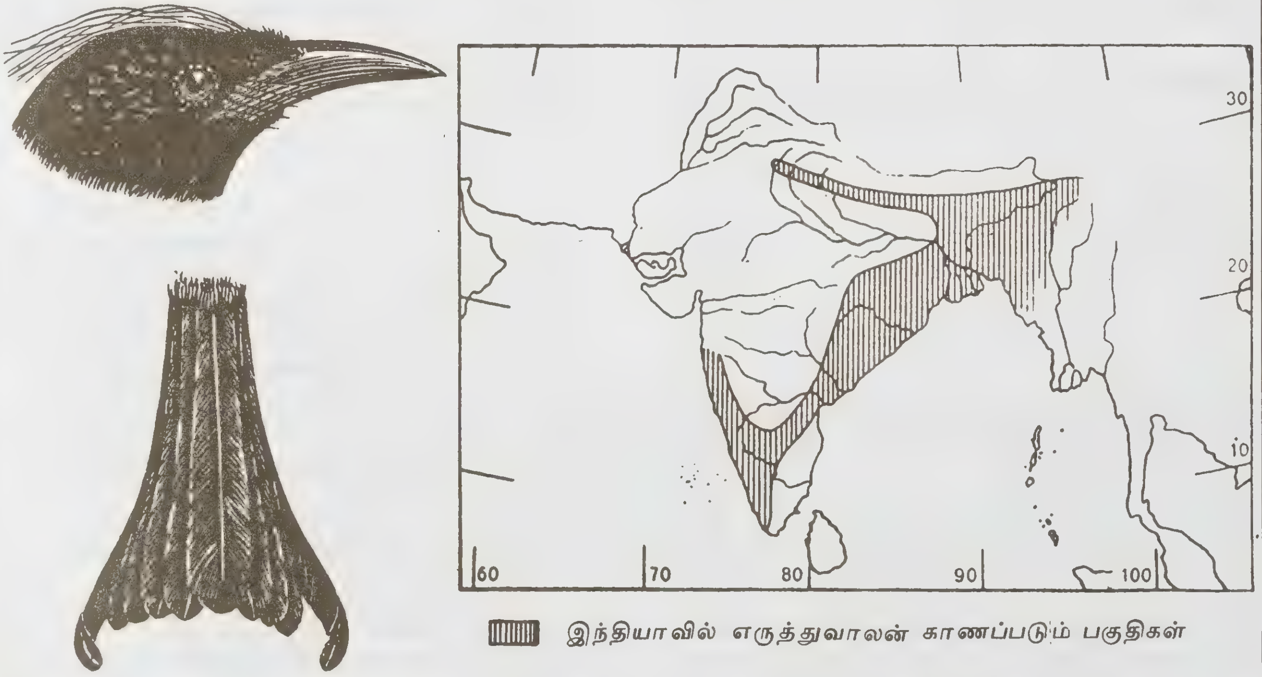
- இரா. திருவள்ளுவன்

எருத்துவாலன் (கொண்டைக் கரிச்சான்)

கரிச்சான் (Digruriae)குடும்பத்தைச் சேர்ந்த எருத்துவாலன் (Havicrested drongo) கரிச்சானைப் (Black drongo) போலப் பரவலாக எங்கும் காணப்படுவதில்லை.டைக்ருருஸ் ஆட்டென்டோட்டஸ் (Dicrurus hottentottus) என்ற சிறப்பினப் பெயர் கொண்ட இது தென்னிந்தியாவில் கிழக்கு, மேற்கு மலைத் தொடர் சார்ந்த பகுதிகளில் 1400 மீ. உயரம் வரை காணப்படுகிறது. தமிழ்நாட்டில் பறவைப் பட்டியல் (Check list of birds of Tamil nadu) என்றும் நூலில் கோடிக்கரையில் இதனைக் காணலாம் எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. வடக்கு, வடகிழக்கு இமயமலை சார்ந்த பகுதிகளில் காணப்படும். இது வடமேற்கு இந்தியாவிலும், குஜராத், இராஜஸ்தான், மத்திய பிரதேசத்தின் மேற்குப் பகுதியிலும் காணப்படுவதில்லை.

கரிச்சான் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த சின்னக் கரும் பச்சைக் கரிச்சான் (Bronzed drongo) காணப் படும் பகுதியெங்கும் இதுவும் காணப்படுவதாகக் கொள்ளலாம்.

பளபளப்பான கருநீல வண்ண உடலோடு கூடிய இது 31 செ. மீ. நீளமுள்ளதாக, மைனாவின் உருவ அளவினை ஒத்ததாக இருக்கும். நெற்றியிலிருந்து மயிர்போன்ற மெல்லிய இறகுகள் பின் தலைவரை நீண்டு வளர்ந்திருப்பதால் இது கொண்டைக் கரிச் சான் எனப்படுகிறது. மிக அருகிலிருந்து பார்க்கும் பொழுதுதான் இக்கொண்டை புலனாகும். வாலின் ஓர இறகுகள் இரண்டும் மேல் வளைந்து திருகி விட்டதுபோலக் காணப்படுவதால் இது எருத்து வாலன் எனப் பெயர் பெற்றுள்ளது. நீண்டு கூர்மையாக உள்ள அலகு சற்றே கீழ்நோக்கி வளைந்திருக்கும். கண்கள் செம்பழுப்பு நிறத்தன. அலகு, கால், கால்விரல்கள் கரு நிறத்தன.



இந்தியாவில் எருத்துவாலன் காணப்படும் பகுதிகள்

பசுஞ்சோலைகளிலும் காடுகளிலும் இது தரைக்கு வராது. மரக் கிளைகளிடையே தாவிப் பறந்து இரை தேடும். இது இலைகளிடையே உறையும் பூச்சி புழுக் களை உண்பதுடன், வளைந்து கூரிய அலகினை மலர்களுக்குள்ளே செலுத்தித் தேனினையும் உணவாகக் கொள்கிறது. காடுகளில் குழுவாகச் சேர்ந்து பூச்சி புழுக்களைத் தேடி உண்ணும் பறவைகளின் குழுவிலும் இது இடம் பெற்றிருக்கக் காணலாம். முள் முருங்கை. இலவம் போன்ற மரங்கள் பூக்கும் பருவத்தில் இவை 20 வரை குழுவாகக் கூடி மலர்களிடையே தேன் குடிப் பதைக் காணலாம். அப்போது இவை தேன் குடிக்க வரும் பிற பறவைகளை அந்த மரங்களை நெருங்கவிடாது விரட்டுகின்றன. பூச்சி புழுக்களைத் தின்றும், மலர்களில் தேன் குடித்தும் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை புரிந்தும் கரிச்சானைப் போலவே எருத்து வாலனும் உழவருக்கு உதவும் தோழனாய் விளங்கு கிறது.

மார்ச், ஏப்ரல், மாதங்களில் இது இனப்பெருக்கம் செய்கின்றது. மரப்பட்டை, புல், வேர் முதலிய வற்றைக் கூடு கட்டப் பயன்படுத்துகின்றது. மரங் களில் புறத்தே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் கவையாகப் பிரியும் சிறு கிளைகளுக்கிடையே தரையிலிருந்து 5 முதல் 10 மீ. உயரத்தில் திறந்த கூடுகட்டி, 3 முதல் 4 முட்டைகள் இடும். முட்டை இளஞ்சிவப்பு வண்ணத்தில், ஊதாசிவப்புப் புள்ளிகளைக் கொண்டி ருக்கும், தென்னை மரங்களில் உயரமான மட்டை களிடையேயும் கூடுகட்டுகிறது. கூடுகட்டுவதிலும் அடைகாப்பதிலும் குஞ்சுகளைப் பேணுவதிலும் ஆணும் பெண்ணும் பங்கு கொள்கின்றன. இனப் பெருக்கக் காலத்தில் தெளிவான சீழ்க்கை ஒலியினை உரத்த குரலில் எழுப்பும். இது பிற பறவைகளின் குரலைப் போலப் போலியாகக் குரல் கொடுப்பதும் உண்டு.

க. இரத்தினம்

நூலோதி. Saiim Ali and Dillon Ripley, S. Handbook of the Birds of India and Pakistan,

Vol 5., Bombay Natural History Society, Bombay, 1972. 2. Badshah, M.A., Check list of Birds of Tamil Nadu. The Forest Department, Govt. of Tamil Nadu, 1968.

எருமை

இதன் விலங்கினப் பெயர் புபாபஸ் புபாலிஸ் *Bubabus bubalis*). இது மாட்டினங்களிலிருந்து முழுதும் மாறுபட்டதாகும். இவ்விலங்கினம் ஈரப் பசையுடன் கூடிய வெப்ப நாடுகள், மத்தியத்தரைக் கடல் நாடுகள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன. எருமைகளுக்கு 48 குரோமோசம்கள் உள்ளன. ஆனால் மாட்டினத்திற்கு 60 குரோமோசம்கள் உள்ளன.

ஒரு நாட்டின் பொருளாதார உயர்வுக்கு பயன் படும் கால்நடைகளில் இன்றியமையாத விலங்கினம் எருமை ஆகும். தொடக்க காலத்தில் பசுவினத்தி லிருந்துதான் பால் பெறப்பட்டது. கடினமான வேலைகளுக்கே எருமைகள் பயன்பட்டன. பண்டைக் காலத்தில் எருமைப்பால் பயிர்களுக்கு உரமாகப் பயன்பட்டது. தற்போது இறைச்சிக்காகவும் வேலை செய்யவும் எருமைகள் பயன்படுகின்றன. எருமைகள் ஏறத்தாழ கி.மு. 2500 ஆண்டுக்கு முன் இத்தாலி யிலும், ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்குப்பின் சீனாவிலும் வேலைக்காகப் பழக்கப்படுத்தப்பட்டன என அறியப் பட்டுள்ளது. உலகில் உள்ள எருமையினங்களில் இந்திய இனம்தான் அமைதியான பண்புடையது. சீனா, பர்மா,லாவோஸ், வியட்நாம், தாய்லாந்து, மலேசியா, இந்தோனேசியா, பிலிப்பைன்ஸ் ஆகிய நாடுகளில் இருப்பவை முரட்டுத் தன்மையுடையவை.

மலேசியா மேற்குப்பகுதிச் சதுப்பு நிலங்களில் காணப்படும் எருமைகளைச் சதுப்புநில எருமை எனவும், இந்தியாவில் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு அருகில் வாழும் மூர்ரா போன்ற எருமைகளை நீர் எருமை என்றும் குறிப்பிடுவர். தென்னிந்தியாவில் இவ்விருவகையும் உள்ளன.

நிறம். எருமைகள் அவற்றின் இனத்திற் கேற்ப கருவெண்மை நிறத்திலிருந்து கறுப்பு நிறம் வரை பல நிறங்களில் உள்ளன. வயதிற்கேற்ப கருமை நிறம் செறிவடையும். சீனா, தாய்லாந்து, இந்தோனேசியா, பிலிப்பைன்ஸ் நாடுகளில் உள்ள சில இனங்களில் தோல் நிறமற்றுக் காணப்படும். ஆனால் இந்தியாவில் உள்ளவை பெரும்பாலும் கரு நிறத்தவையே. பசுவினத்தைவிட எருமையினத் தோலில் மயிர் குறைவாக இருக்கும். மேலும் பருவத் திற்கேற்றவாறு கோடையில் மிகக் குறைவாகவும் குளிர் காலத்தில் சற்று மிகுந்தும் இருக்கும். எருமைத் தோல் தடிப்பாக (6.5 மி.மீ.) இருப்பதால் சுற்றுப் புற வெப்பநிலையால் தாக்கமுறாமல் உடலை ஒரே சீராக வைத்துக்கொள்ள முடிகிறது. தரம் குறைந்த தீவனங்களை எருமைகள் உண்பதால் தீவனச் செல வும் குறைகிறது. பசுக்களுக்குப்போடும் புல், பசுந் தழை இவற்றில் கழிக்கப்பட்டவற்றையும் எருமைகள் தின்று விடுகின்றன.

சினைப் பருவகாலம். இந்தியாவின் பெரும்பா லான் கால்நடைப் பண்ணைகளில் எருமைகள், முதல் கன்று ஈனும் வயது சராசரி நாற்பது மாதமாகும். எருமை ஆண்டு முழுதும் சினைக்கு வந்தாலும் பொது வாக ஜூலை-பிப்ரவரி மாதமே சினைக்கால அறி குறியை வெளிப்படுத்தும். மார்ச்-ஜூன் வரை நான்கு மாதத்தில் சினைக் கால அறிகுறிகள் குறிப்பிடும் அளவில் தெரிவதில்லை. மழைக்காலங்களிலும் சினைக் கால அறிகுறிகள் தோன்றக் கூடும். சராசரி சினைப் பருவ காலம் 21 நாளாகும். அதில் சினைநேரம் 24 மணியேயாகும். இந்தச் சமயத்தில்தான் எருமையைப் பொலி கிடாவின் மூலமோ செயற்கையாகவோ கருவூட்ட வேண்டும். எருமைகள் பொரும்பாலும் மாலை 6 மணியிலிருந்து காலை 6 மணி வரை சினைக்கு வருகின்றன. சினைக்கால அறிகுறிகள் பசுக்களிடம் காணப்படுவதுபோல் எருமைகளில் தெளிவாகத் தெரியாமையால் சில சமயம் அறிகுறி கள் இல்லாமலே சினைக்கு வரக்கூடும். பருவத்தி லுள்ள சினை எருமைகளைக் கண்டுபிடிப்பது கடின மாக இருப்பதால் கருத்தோன்றல் விகிதம் சற்றுக் குறைவாகவே உள்ளது.

எருமைகளில் கருவூட்டல் எண்ணிக்கை கோடை யில் மிகுந்தும் வசந்தத்தில் குறைந்தும் அமையும், எருமைக் கிடேரிகள், முதல் சினையடைவதற்கு வயதான அல்லது முதல் கன்று ஈன்ற எருமைகளை விட பொலிவு மிகுதியும் தேவை. பசுக்களைப் போலவே எருமைகளிலும் கன்று ஈன்ற 60-90 நாள்களில் முதல் பொலி செய்யலாம். பொதுவாக எருமைகளின் சினைக் காலம் 305-312 நாளாகும்.

நாட்டு இனங்களில் கன்றுகளின் பிறப்பு எடை 15-22 கி.கி. இருக்கும். ஆனால் முர்ரா போன்ற சிறப்பினங்களில் 23-37 கி.கி. உள்ளது. இரண்டு வயதில் பருவமடைந்தாலும் 3-3.5 ஆண்டில்தான் சினை பிடிக்கும்.

வயது. வேலைக்குப் பயன்படும் எருமைகள் நீண்டநாள் உழைப்பதுடன் ஏறத்தாழ 25 வயது வரை உழைக்கும் திறன் கொண்டவை. ஆனால் பால் எருமைகளுக்குச் சராசரி உற்பத்தி வயது 5 ஈற்று எனவும் மொத்த உற்பத்தி 7-11 வயது எனவும்

கணக்கிட்டுள்ளனர். இந்தியாவில் எருமைகளின் பால் உற்பத்தி அளவு 680-730 கிலோவாகும். இது நாட்டுப் பசுக்களின் உற்பத்தியைப்போல (350-410) ஏறத்தாழ இரண்டு மடங்காகும். அரசுப் பண்ணை களில் இவற்றின் உற்பத்தி 2000 கி.கி. வரை உள்ளது.

பாலின் சத்து. எருமைப்பாலில் கொழுப்புச் சத்து (6.8-7.2%) பசும்பாலில் உள்ளதைப்போல இரண்டு மடங்கு மிகுதியாக உள்ளது. கொழுப்பு உற்பத்தியில் ஐரோப்பியப் பசுவினங்களுக்குச் சம மாக உள்ளது. பாலில் திண்மப்பொருள்களும், கனி மப் பொருள்களும் மிகுதியாக உள்ளன. வைட்ட மின் A,B,C முதலியவையும் உள்ளன. ஆனால் பசும் பாலில் உள்ள கரோட்டின் இதில் இல்லை. பார்த்த வுடனேயே எருமைப்பாலையும், பசும்பாலையும் எளிதில் இனம் கண்டு கொள்ளலாம். இந்தியாவில் டீ, காபி, தயிர், வெண்ணெய் போன்ற வடிவிலும் பாலைப் பயன்படுத்துவதால் எருமைப் பால் பசும் பாலைவிட உயர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

எருமைகள் அமைதியாகவும் மந்தமாகவும் இருப் பதால் அவற்றை பேணுதல் எளிது. எருமைகள் நல்ல உற்பத்தித் திறனுடன் இருக்க அவற்றை அடிக்கடி குட்டைகளில் நீந்தவிட வேண்டும். இந்த வசதி இல்லாத இடங்களில் நீர்தெளிக்க வேண்டும். பெரிய பண்ணைகளில் நீர் தெளிக்கத் தானியங்கி தெளிப்பான்கள் உள்ளன.

எருமைத்திறன். எருமைகள் மற்ற மாடுகளை விட இரு மடங்கு சுமை இழுக்கும் திறன் கொண் டவை. மெதுவாகவும், கடுமையாகவும் செய்யக் கூடிய வேலைகளுக்கு எருமைகள் மிகவும் சிறந்தவை. நன்செய் நில உழவுத் தொழிலில் எருமைகள் பெரும் பான்மையாகப் பயன்படுகின்றன. எருமைகளின் அகன்ற உறுதியான கால்கள் சேற்றில் புதையாமல் நடக்க ஏற்றவாறு அனமந்துள்ளன. சதுப்புநில எருமை இனங்களில் முழங்கால், கணுக்கால்களை எளிதில் மடக்கி நடக்கும் திறன் உள்ளமையால் வயல் வேலைகளை அவை திறமையுடன் செய் கின்றன.

இறைச்சி. இத்தாலி, பல்கேரியா, யூகோஸ்லே வியா போன்ற நாடுகளில் எருமைக் கன்றின் இறைச் சியை விரும்பி உண்கின்றனர். அது பசுமாட்டு இறைச்சியைப் போல் இருப்பதால் மக்கள் பெரும் பான்மையாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். ஆனால் எருமைகளின் பால் கொடுக்கும் திறனோ, வேலைத் திறனோ முற்றிலும் குறைந்து விட்ட பிறகே அவற் றின் இறைச்சியைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

நோய். பசுக்களைத் தாக்கும் அனைத்து நோய் களும் எருமைகளையும் தாக்குகின்றன. எனினும் நோய் தாங்கும் ஆற்றலில் எருமைகள் வேறுபடுகின் றன. கோமாரி நோய், எருமைகளைக் குறைந்த அளவி லேயே தாக்குகின்றது. ஆனால் தொண்டை அடைப் பான் நோயினால் இவை மிகுதியாக தாக்கமடை கின்றன. மேலும் நலவாழ்வில்லாத நகர்ப்புறங்களில் வளர்க்கும் எருமைகளில் காச நோயும் பரவலாகக் காணப்படுகிறது.

எருமைக் கன்றுகள் அஸ்காரியா என்ற குடற் புழுவினால் தாக்கப்படும் போது இறந்து விடுகின்றன. கன்று பிறக்கும் முன்பே இந்நோய் தாக்கக் கூடும். எருமைகளின் தோல் தடிப்பாக இருப்பதால் பொது வாகப் பூச்சி வகைகளால் அவை தாக்கப்படுவதில்லை.

இளம் கன்றுகளில் இறப்பு விகிதம் மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது. இதற்கு முக்கிய காரணங்கள் கன்று வளர்ப்பதில் நலவாழ்வு இன்மையும், ஊட்டச்சத்தின் மையும், இளம் பருவத்திலேயே தாயிடமிருந்து கன்றுகளைப் பிரித்து விடுவதுமேயாகும். கன்றுகள் அளவுக்கு மீறிக் கொழுப்புச் சத்துள்ள தாய்ப்பாலைக் குடிப்பதால் ஏற்படும் செரிமானக் கோளாறுகளும் காரணமாகலாம்.

தரத்தை உயர்த்தும் வழி. திட்டமிட்ட மரபுவழி ஆய்வுகள் மூலம் சிறந்த கிடா எருமைகளைத் தேர்வு செய்து, நாட்டு எருமைகளுடன் இனப்பெருக்கத்திற் குப் பயன்படுத்திப் பால் உற்பத்தியைப் பெருக்கலாம். தொழில் நுட்பம் மூலம் நீண்டநாள் உறைவிந்தை வைத்திருந்து தேவைப்படும் ஊர்களுக்கும் பண்ணை களுக்கும் சிறு உழவர்களுக்கும் உதவலாம். முர்ரா போன்ற பெரிய இன எருமையையும் சுர்த்தி அல்லது நாட்டெருமை போன்ற சிறிய எருமையையும் கலப் பினம் செய்து உற்பத்தித்திறன் மிகுந்த புதிய இனத்தை உருவாக்கலாம்.

வெளிநாடுகளில் உள்ளவாறு இந்தியாவில் தனி மேய்ச்சல் நிலங்கள் இல்லை. பயிர்த்தொழில் இல் லாத புன்செய்த் தரிசு நிலங்களே மேய்ச்சலுக்குப் பயன்படுகின்றன. கழிவுப் பொருள்களை சிறந்த முறையில் தீவனமாகப் பயன்படுத்தும் சீரிய ஆய்வு முறைகளும், கால்நடைகளுக்கு ஏற்படும் நோய்களுக் கான மருத்துவ முறையும் உடனடித் தேவைகளாகும்.

இனங்கள். ஆசியாவில் மூன்று வகை எருமை யினங்கள் உள்ளன. அவை சிலிபஸைச் சேர்ந்த அனாவா, மின்டாரோவைச் சார்ந்த டமாரா, இந்தி யாவைச் சேர்ந்த ஆர்னி இனங்களாகும். இம்மூன்றில் ஆர்னி இனமே வளர்ப்புக் கால்நடையாக இருந்தது. பின்னர் கடின வேலைக்கும் மிகுதியான பால் பெற வும் உயர்வகை எருமையினமான நீர் எருமை தேர்ந் தெடுக்கப்பட்டது.

சதுப்பு நில எருமைகள் தென்கிழக்கு ஆசிய நாடுகளில் உள்ளன. மலேசியா, பிலிப்பைன்ஸ் நாடுகளில் இவை காரபோ எனப்படுகின்றன. இவற்றில் நீர் எருமைகளில் உள்ளவாறு பல இனங்கள் இல்லை. இவை குறைந்த அளவு பால் (1-1.5 லிட்டர்/நாள்) அளிக்கின்றன. ஆனால் பாலில் கொழுப்புச்சத்து 10%க்கு மேல் இருக்கும். இவ்வகை எருமைகள் வேளாண் தொழிலுக்கு மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன. இவற்றின் கொம்புகள் இயல்பான அமைப்பில் உள்ளன.

இந்தியாவில் உள்ள எருமைகள் ஐந்து வகைப்படும். அவை பஞ்சாப் இனவகை (முர்ரா, நீலி, ரவி, குந்தி), குஜராத்தி இனவகை (சுர்த்தி, மேகசானா, ஜாபர்பாடி), உத்திரப்பிரதேச இனவகை (பத்வாரி, தாரை), மைய இந்திய இனவகை (சம்பல்புரி, நாகபுரி, பனோகரபுரி, மந்தாஜராங்கி, கானகண்டி), தென்னிந்திய இனவகை (தோடா, தென்கனரா) என்பனவாகும்.

முர்ரா: பஞ்சாப் பகுதியைத் தாயகமாகக் கொண்ட, கருமை நிறமுடைய இவ்வின எருமைகள் நாடு முழுதும் பரவியுள்ளன. பருத்த உடலும், நெருங்கிச்சுருண்ட கொம்பும் உடைய இவ்வினத்தில் ஆண் 500-600 கி.கி. எடையும், பெண் 500 கி.கி. எடையும் கொண்டது. ஒரு நாளுக்கு 5-6லி. பால் கொடுக்கும். பாலில் 7% கொழுப்புச் சத்து இருக்கும்.

ஜாபர்பாடி: இவ்வின எருமைகள் குஜராத் மாநிலத்தின் கிர்காடுகளைத் தாயகமாகக் கொண்டவை. மிகப் பெரிய உருவமுடையவை. ஆண் 800 கி.கி எடையும் பெண் 600 கி.கி. எடையும் கொண்டவை.

முர்ரா

கருமையான நிறமும் பின்னோக்கி வளைந்து மேல் நோக்கியுள்ள பெரிய கொம்புகளும் கொண்டுள்ளன. கொம்புகள் முர்ரா இனத்தைப் போன்று நெருக்க மாகச் சுருண்டிருக்கா. ஒரு நாளுக்கு 6-7 லி. பால் கொடுக்கும். பாலில் கொழுப்புச்சத்து மிகுதியாக உள்ளது.

சுர்த்தி. இதுவும் குஜராத் மாநிலத்தைத் தாயக மாகக் கொண்டது. நடுத்தர உடலுருவமுடையது. ஆண் 500 கிலோ எடையும் பெண் 350-400 கி. கி. எடையும் கொண்டவை. கறுப்பு, சாம்பல், வெள்ளை நிறங்களில் இருக்கும். கொம்புகள் பின் புறம் வளைந்து அரைவட்டவடிவமாக இருக்கும். நாளுக்கு 4. 5 லி. பால் கொடுக்கும்.

மேகசானா. இராஜஸ்தான் மாநிலத்தைச் சார்ந்த இவை முர்ரா, சுர்த்தி எருமைகளுக்கு இடைப்பட்ட உடல் எடை கொண்டவை; எடை குறைந்தவை; ஆண் 500-600 கி. கி. எடையும் பெண் 450 கி. கி. எடையும் இருக்கும். கறுப்பு, பழுப்புச் சாம்பல் நிறம் கொண்டவை. முகத்தில் வெள்ளை நிறப் புள்ளிகள் இருக்கும். கொம்புகள் சற்று நீளமாகச் சுருண்டு இருந்தாலும் முர்ரா இனங் களைப் போன்று நெருக்கமாகச் சுருண்டு இருக்கா. நாளுக்கு 2-3 லி. பால் கொடுக்கும்.

இனக்கணக்கீடு. உலகில் உள்ள எருமைகளில் 50%க்கு மேல் இந்தியாவில் உள்ளன. ஆறு கோடிக் கும் மிகுதியான எருமைகளைக் கொண்ட இந்தியா உலகில் முதலிடத்தையும் மூன்று கோடி கொண்ட சீனா இரண்டாம் இடத்தையும், ஒரு கோடி எருமை களைக் கொண்ட பாகிஸ்தான் மூன்றாம் இடத் தையும் பெற்றுள்ளன,

பிலிப்பைன்ஸ், தாய்லாந்து நாடுகளில் பசுக் களை விட எருமைகள் மிகுதியாக உள்ளன. இங்கு வேலைக்கும் இறைச்சிக்கும் எருமைகளை மிகுதி யாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். வேறு சில நாடுகளில் பசுக்கள் எருமைகளை விட மிகுதியாக இருந்தாலும் பால், இறைச்சி, வேலை இவற்றிற்காக எருமை களைப் பசுக்களுக்குச் சமமாகப் பயன்படுத்துகின் றனர்.

இந்தியாவில் பசுவினமும் எருமையினமும் 3:1 என்ற அளவில் இருந்தாலும், நாட்டில் கிடைக்கும் மொத்தப் பால் அளவில் 55% எருமை மூலம் கிடைக் கின்றன. இனப்பெருக்கத்திற்குப் பிறகு பால் பெருக் கம் மிகக் கூடும். பால் வள நிறுவனங்களால் நகர்ப் புறப்பகுதிகளுக்கு வழங்கப்படும் பாலில் பெரும் அளவு எருமையிலிருந்தே கிடைக்கிறது. மேலும் இறைச்சியில் 60% எருமையிலிருந்து கிடைக்கிறது.

-பா. மரியதாஸ்

எருமை இனப்பெருக்கம்

எருமைகள் பசுக்களைப்போலல்லாமல் காலங் கடந்து, மூன்று, நான்கு வயதில் தான் பருவத்திற்கு வரும். பருவம் அடைந்தவை ஒவ்வோர் ஆண்டும் ஈனுதல் வேண்டும். ஆண்டு முழுதும் எருமை சினைக்கு வந்தாலும், மழைக்காலத்தில் பெரும்பாலானவை, பதமான சினைத் தருணத்திற்கு வரும்.

எருமை தொடர்ந்து கருத்தரிக்க வேண்டிய வழிமுறை. உயர்ந்த வகைப் பொலிகாளையின் தேர்ந்தெடுக்கப் பட்ட இந்திரியத்தை பயன்படுத்தல், சரியான, தேர்ந்த முறையில் கருத்தரிக்கச் செய்தல், செயற்கை முறைக் கருத்தரிப்பு நிலையத்திற்குச் சினைப் பருவ மான உரிய நேரத்தில் கொண்டு வருதல் ஆகியன மிகவும் இன்றியமையாத பணியாகும்.

பக்குவமுள்ள சினைப்பருவத்தில் சினைக்கு விட்டால்தான் சினைபிடிக்கும். பக்குவமுள்ள ஒரு சினைப்பருவத்தை ஒரு முறை விட்டுவிட்டால் பக்கு வமான மறுசினைப் பருவத்திற்குப் பதினெட்டி லிருந்துஇருபத்து நான்குநாள் வரை தாமதமாகிச் சினை நிலைக்கு வரும்.

சினைத்தருணம். எருமையும், கிடாவும் இணையும் அறிகுறிகள் 18-24 மணி நேரம்தான் தொடர்ந்து இருக்கும். சினைப்பருவம் 18-24 நாள்களுக்கு ஒருமுறை வரும்.

சினை பருவ அறிகுறி. பொதுவாக எருமைகளின் சினையை எளிதில் அறிய முடியாது. எருமை அமைதியின்றி, வைகறையில் கத்திக்கொண்டே இருக்கும். தேவையான அளவு உணவு உண்ணாது; நீர் குடிக்காது. பால் சுரப்பு விடாது; பாலளவு மிக மிகக் குறைந்துவிடும். மிகு உணர்ச்சி வயப்பட்டிருக் கும், வாலை உயர்த்தியிருக்கும், அடிக்கடி சிறுநீர் கழிக்கும், பிறப்புறுப்பு சிவந்து. வீங்கி, ஈரப்பசையுடன் இருக்கும். உட்புறப்பிறப்புறுப்பிலிருந்து கண்ணாடி போன்ற வழவழப்பான கசிவு (மொடை அடித்தல்) வால், தொடைப் பகுதிகளில் வடிந்து காணப்படும். மற்ற எருமைகளின் மீதோ மற்ற எருமைகள் தன் மீதோ தாவுமாறு நின்று கொண்டிருக்கும்.

சினை நிலை அறிதல். நாட்டு எருமைக்கு உயர்ந்த வகைப் பொலி காளையின் இந்திரியத்தைக் கருத்தரிப்பு செய்தபின் இரண்டு மாதங்கழித்துச் சினை உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளவேண்டும். சரியான முறையில் கருத்தரிப்பு செய்து சினை ஆகாவிட்டால் பிறகு அது சினைப்பருவத்திற்கு வராது. இருப்பினும் சினை படாத எருமைகள் சினைக்கும் வரலாம். இவற்றிற்கு மீண்டும் சரியான முறையில் கருத்தரிப் புச் செய்தல் வேண்டும். எனவே, சினை அறிதல் முக்கிய நோக்கமாக இருக்கவேண்டும்.

சினை எருமைகளைப் பேணும் முறை. சினைப் பட்ட எருமைகளுக்கு ஊட்டக் கலப்புத் தீவன மளித்தல் மிகவும் முக்கியமாகும். இதனால் கன்று நல்ல முழு வளர்ச்சியும், பால் மிகுதியான அளவும் கொடுக்கும். கன்று ஈனுதலும் கன்று வீசுதலும் தவிர்க்கப்படும். பிற மாடுகள் முட்டுவதாலும். சினை மாடுகள் தவறி விழுவதாலும் கருவுற்ற மாடுகளுக்குக் கருச்சிதைவு ஏற்பட நேரிடும். தொடர்ந்து கருச் சிதைவு ஏற்படும் எருமைகளைக் கால்நடை மருத்து வரிடம் காட்டித் தக்க மருத்துவம் பெறவேண்டும்.

சினை எருமைகள் எக்காரணத்தைக் கொண்டும் முக்குவதோ, வயிற்றுவலியின் அறிகுறிகள் காட்டு வதோ கூடாது. மேற்கூறிய அறிகுறிகளும், பிறப்புறுப் பிலிருந்து இரத்தக் கசிவு ஏற்படுதலும் ஆபத்தான அறிகுறிகள். இவை கருச்சிதைவுக்கோ, கருப்பைச் சுழற்சிக்கோ முன் அறிகுறிகளாக இருக்கலாம். எனவே உடன் கால்நடை மருத்துவரை அணுக வேண்டும். சினை எருமைகள் சிலசமயம் பிறப்புறுப் பினை முக்கி வெளிப்படுத்தும். அப்போது உடனே மருத்துவம் செய்யவேண்டும்.

கன்று ஈனும் முன் தோன்றும் அறிகுறி, உணவு உண்ணாமால் அடிக்கடி சிறுநீர் கழித்தல், மடிப் பகுதியை விரும்புதல், நிலையின்றி இருத்தல், வாலை ஆட்டுதல், அடிக்கடி படுத்து எழுந்து கொண்டி ருத்தல், அரை தளர்ந்து விடுதல், வெளிப்புறப் பிறப்புறுப்பு வீங்கி விடுதல், பழுப்பு நிறக் கசிவு வடிதல், மடியும், காம்புகளும் வீங்கியிருத்தல், பிட்டத்தில் பள்ளம் விழுதல் ஆகிய இந்நிலையில் மாட்டைத் தனியாகக் கட்டிக் கன்று ஈனும் வரை நேரில் பார்வையிட வேண்டும்.

கன்று ஈனும் அறிகுறி. வயிற்றுவலி வந்தது போல் படுப்பதும் எழுவதுமாக இருத்தல், நெளிதல், அவ்வப் போது முக்குதல், வலியின் வேதனையால் அமைதி யின்றி இருத்தல், பிறப்புறுப்பிலிருந்து வழவழப்பான கசிவு வெளிப் படுதல், பனினீர்க்குடம் வெளிப்படுதல் முதலியன தோன்றும்.

பொதுவாக 4-5 மணி நேரத்திற்குள் கன்று ஈன வேண்டும். அவ்வாறில்லையெனில் கன்று ஈனுவதில் உதவி தேவை என்பதைத் தெரிந்து கொண்டு கால் நடை மருத்துவரின் உதவி கொண்டு மாட்டையும், கன்றையும் காப்பாற்றவேண்டும்.

கன்று ஈன்ற பின்னும் கண்காணிக்க வேண்டியவை. கன்று ஈன்றபின் நஞ்சுக் கொடி எனும் உறுப்பி லிருந்து கசியும் இரத்தம் அதிகமாக இருப்பின் குளிர்ந்த நீரை எருமை மீது தெளித்து முதலுதவி செய்யவேண்டும். எந்தக் காரணத்தைக் கொண்டும் எருமையை நடத்தாமலும். இரத்தக்கசிவு அதிகமாக விடாமலும் கால்நடை மருத்துவரைக் கொண்டு மருத்துவம் செய்யவேண்டும்.

நச்சுக்கொடியை நாய் அணுகாமல், எருமையைப் பேணவேண்டும், 8-12 மணி நேரத்திற்குள் விழாத நஞ்சுக் கொடியைப்பிடித்து இழுப்பதோடு கல் அல்லது வைக்கோலைக் கட்டித் தொங்க விடுவதோ, பயிற்சி பெறாதவர்களை வைத்து நஞ்சுக்கொடியை நீக்க முயற்சி செய்வதோ கூடாது. அவ்வாறு செய்தால், வருங்காலத்தில் சினைப்படுதலையும், தற்போதைய பால் சுரப்பினையும் மிகுதியும் பாதிக் கும். எனவே உடனடியாகக் கால்நடை மருத்து வரிடம் அணுகி உதவி பெறவேண்டும். நஞ்சுக்கொடி விழும்வரை கன்றுக்குப்பால் ஊட்டாமல் இருந்தால் நஞ்சுக்கொடி விழத் தாமதமும், கன்றுக்கு உடல் நலக் குறைவும் ஏற்படும். எதிர்பாராத விதமாக மாடு நஞ்சுக்கொடியைத் தின்று விடுமானால் உடன் கால்நடை மருத்துவரை நாடி மருத்துவம் அளிக்க வேண்டும்.

ஈன்ற மாடு கருப்பையை வெளித்தள்ளினால் செய்ய வேண்டிய மருத்துவம். கன்று போட்ட எருமை சில சமயம் முக்கி முழுக் கருப்பையையும் வெளித்தள்ளி விடும். 2-3 மணிநேரத்திற்குள் மருத்துவம் செய்யா விடில் எருமை இறக்க நேரிடும். எனவே கால்நடை மருத்துவரை அணுகவேண்டும். வெளித்தள்ளப்பட்ட உறுப்புகள் காய்ந்து விடாமலும், மண்ணில் படாம லும் செய்து ஈரத்துணியினால் மூடிவைக்கலாம். எருமையை நிலையாகக் கட்டாமல் நடக்க விட வேண்டும். வெளித்தள்ளப்பட்ட உறுப்புகளுக்கு அழிவு ஏற்படாமல் பார்க்கவேண்டும். எளிதில் செரிக்கக் கூடிய தீவனத்தைக் கொடுக்க வேண்டும். கால்நடை மருத்துவரை அணுகி மருத்துவம் பெறவும் வேண்டும்.

பிறந்த கன்றைப் பேணும் முறை. கன்று பிறந்த உடன் வாயிலும், மூக்கிலுள்ள வழவழப்பான சளி யையும், சவ்வையும், கோழையையும் அகற்ற வேண்டும்.

எருமை கன்றை நக்க விட வேண்டும். கன்று தளர்ந்து மயக்கமுற்றிருந்தால் குளிர்ந்த நீரை முகத்தில் தெளிக்கலாம். கன்றின் பின்னங்கால் களைத் தூக்கி மெதுவாகவும், பாதுகாப்புடனும் வட்டமாகச் சுற்றலாம். கன்று எழுந்திருக்க முயன் றால் கைகொடுத்து உதவி செய்யலாம். கன்றினை எருமை மிதித்து விடாமல் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். கொப்பூழ்க் கொடியின் மீது டிஞ்சர் அயோடின் மருந்தைப் போட வேண்டும். மூன்று மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை சீம்பாலை மிதமான அளவு குடிக்க விடவேண்டியது மிக அவசியம். கன்று பிறந்த மறுநாள் காட்டுப்பீ போட்டதா என்று கவனிப்ப தோடு போடாவிட்டால் தகுந்த மருத்துவம் அளித்தல் வேண்டும்.

எருமை நாக்கு மீன்

சைனோகிளாசஸ் (cynoglossus) எனும் பொது வினத்தைச் சார்ந்த தட்டை மீன்கள், தோற்றத்தி லும் உருவ அமைப்பிலும் எருமையின் நாக்கை ஒத்திருப்பதால் எருமை நாக்கு மீன் என்று அழைக்கப் படுகின்றன. நாக்கு மீன்கள் (tongue fishes) என்றும் இவற்றை குறிப்பிடுவர்.

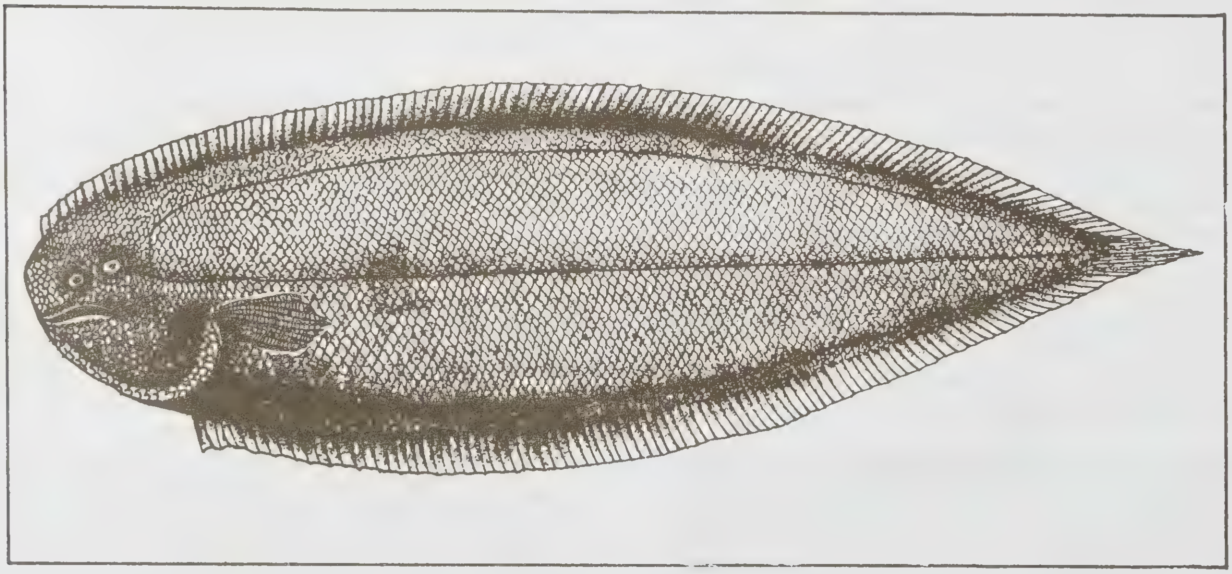
எருமை நாக்கு மீன்களின் முகம் முற்பகுதியில் நீண்டு, ஒரு கொக்கி போன்று கீழ்நோக்கியும், பின் னோக்கியும் வளைந்திருக்கும். பொதுவாகத் தட்டை மீன்களுக்கு (flat fishes) இரண்டு கண்களும் வலப் புறத்திலோ, இடப்புறத்திலோ அமைந்திருக்கும். நீரின் அடித்தளத்தில் அவை வாழ்வதற்குத் துணை புரியும் வகையில் அமைந்துள்ளது. எருமை நாக்கு மீன்களின் இரண்டு கண்களும் இடப்பக்கத்தே யுள்ளன. இவற்றிற்கு ஆறு செவுள் மூடிகள் உள்ளன. செவுள் திறப்புகள் மிகக் குறைவானவை. இவற்றின் வாய் சமச்சீரற்றுக் குறுகிக் காணப்படும். இவற்றின் உதடுகளில் எவ்வித நீட்சியும் வேற்று அமைப்பு களும் இல்லை.

தட்டை மீன்கள் நீர்நிலைகளின் அடித்தளத்தில் வாழ்வதால் இவற்றின் உடல் பிற மீன்களைப் போன்றிராமல் தட்டையாக அமைந்துள்ளது. உட லின் மேல்பகுதி கரிய நிறத்துடனும், அடிப்பகுதி வெளிறிய நிறத்துடனும் காணப்படுகின்றன. இந்நிற வேறுபாடு அவை வாழும் சூழலோடு இரண்டறக் கலந்து வாழ உதவுகின்றது. அதனால் அவற்றின் பகை இனங்கள் அவற்றை எளிதில் இனங் கண்டு கொள்ள இயலாது.

எருமை நாக்கு மீன்களின் கரிய நிறமுடைய பக்கத்தில் அமைந்துள்ள செவுள் துளைகள் பெரிதும் மாறுபடக் கூடியவை.வலப்பக்கத்தில் மட்டுமே நுண்ணிய பற்கள் காணப்படுகின்றன.நேர்துடுப்புகள் தொடர்ச்சியற்றுக் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்கு மார்புத் துடுப்புகள் இல்லை.

எருமை நாக்கு மீன்களின் மேற்புறத்தில் இரண்டு அல்லது மூன்று மருங்கு கோட்டுப் புலன் (lateral line sense organs) வரிகள் காணப்படுகின்றன. இவ்வுணர் வுறுப்புகள் வெப்பத்தை உணர்வதற்கும் ஒலியை உணர்வதற்கும், மீன்களை நீரோட்டத்துடன் இணைந்து வாழச் செய்வதற்கும் பயன்படுகின்றன என்று பல்வேறு கருத்துகள் நிலவுகின்றன. இக்கருத் துகள் தொடர்பான ஆய்வுகள் இன்னமும் நடை பெற்று வருகின்றன.

சைனோகிளாசஸ் குவிங்கிலீனியேட்டஸ் என்னும் நாக்குமீன் சென்னையில் இயல்பாகக் காணப்படும் இனமாகும். இது சுமார் 26 செ.மீ. நீளமுடையது. இதன் செவுள் துளைகளுள் ஒன்று கண் குழிகளுக் கிடையே இடம் பெற்றுள்ளது. மற்றொரு செவுள் துளை குழல் போன்ற தோற்றத்துடன் கீழ்க்கண்ணின் முன்னால் அமைந்துள்ளது. ஒற்றை வயிற்றுத்துடுப்பு



எருமை நாக்கு மீன்

மலவாய்த் துடுப்போடு ஒட்டிக் கொண்டுள்ளது. சீப்பு வடிவத்திலுள்ள செதில்கள் கரியநிறமுடைய பக்கத்தில் அமைந்துள்ளன. நிறமற்ற பக்கத்தில் வட்டச் செதில்களும், நிறமுள்ள பக்கத்தில் இரு பக்கக்கோடுகளும் உள்ளன. இவ்வகை மீன்களின் செவுள் மூடிகள் கருமை நிறமுடையவை. உடல் பழுப்புப் படர்ந்து காணப்படும்.

வேறுசில தட்டை மீன்களும் எருமை நாக்கு போன்று உள்ளன. அவற்றுள் ப்ளூரோநெக்ட்டெஸ், சைனாப்டா என்பன குறிப்பிடத்தக்கவை.

சிறிய தட்டை மீன் வளர்ச்சியடைவதற்கு முன்பு ஏனைய மீன்களைப் போன்றே உருவமைப்பினைப் பெற்று, அவற்றைப் போன்று நீந்தி வாழ்கின்றன. ஆனால் பிறகு வளர்ச்சியடையும் பொழுது இம்மீன்கள் ஒரு பக்கம் (பொதுவாக வலப்புறத்தில்) சாய்வாகப் படுக்கின்றன. வளர்ச்சியின் பொழுதுஇவற்றின் மேற்புறம் கரிய நிறத்தினைப் பெறுகின்றது. வளர்ச்சியடையும் பொழுது இவற்றின் தலை திருகி விடுகின்றது. இதனால் இரண்டு கண்களும் இம்மீன்களின் மேற்புறத்தினை அடைகின்றன. வாய் கீழ்ப்புறத்தை விட, மேற்புறத்தில் நன்கு வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. வளர்ச்சி பெற்ற பெரிய தட்டை மீன் நன்கு நீந்துவதில்லை. சுருங்கி விரியும் முறையில் மேற்புறம் வெளியே தெரியும்படி பக்கவாட்டில் நீந்துகின்றது.

நாக்கு மீன்களைப் பெரும்பாலும் மனிதர் உணவாகப் பயன்படுத்துவதில்லை. ஆனால் கோழிகளுக்கும், பன்றிகளுக்கும் இவற்றை உணவாகப் பயன்படுத்துகிறார்கள்.

-எம். ஜெய்லானி

எருமைப்புல்

இதன் தாவரவியல் பெயர் ப்ராக்கியாரியா மூட்டிகா (*Brachiaria mutica*) என்பதாகும். எருமைப்புல், போயேசி (poaceae) எனப்படும் ஒருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். இதற்கு நீர்-புல், பாரா மாரீஷியா-புல் என்று பல வட்டாரப் பெயர்களுண்டு. தென் அமெரிக்காவையும் மேற்கு ஆப்ரிக்காவையும் தாயகமாகக் கொண்ட இப்புல், தற்சமயம் அனைத்து வெப்ப நாடுகளிலும் புகுத்தப்பட்டு அந்நாடுகளில் தன்னிச்சையாக வளர்கிறது. இது பள்ளத்தாக்குகளிலுள்ள சதுப்பு நிலங்களில் இயல்பாகக் காணப்

எருமைப்புல்

படுகிறது. ஈரப்பாங்கான மண்ணில் வளரும் இப்புல் குளம், ஏரிக்கரைகளில் செழிப்பாக வளரும் தன்மை பெற்றது. எவ்வகை மண்ணிலும் வளர்வதுதான் இப்புல்லின் சிறப்புப் பண்பாகும்.

இது தோற்றத்தில் கரடு முரடாகக் காணப்படும் பல்பருவச்செடி. தண்டுகள் மூலம் மிகவும் விரைவில் பரவக்கூடியது. வேர்கள் கொத்தாகக் கணுக்களில் அமைந்திருக்கும். கணுக்களின் மேல் நோக்கிச் செங் குத்தாக ஏறக்குறைய 2-2.5 மீ வரை வளரக்கூடிய தண்டுகள் காணப்படுகின்றன.

இலை: மாற்றிலையடுக்கமைப்பு, இருவரிசை களில் காணப்படும். இலைப் பட்டைத் தண்டை அணைந்திருக்கும். லிகூல் (ligule) நுண்ணிய தூவிகளா லானது. இலைப்பரப்பு குறுகலாகத் தட்டையாக நீண்டு காணப்படும்.

மஞ்சரி. சிறு ஸ்பைக்குகள் பரவலான ரெசீமில் அமைந்துள்ளன. ரெசீம் முப்பட்டையாயிருக்கும். சிறு ஸ்பைக்குகள் நீள் வட்ட அல்லது நீள் சதுர வடிவ மாகவும் பின்புறம் அமுங்கியும் இருக்கும். தனித் திருக்கும் 2.5-3 மி.மீ. நீளம் இருக்கும் மஞ்சரியில் சிறு ஸ்பைக்குகள் இரு வரிசையாக அமைந்திருக்கும். அவை குட்டைக்காம்பு கொண்டவை, உதிரக் கூடியவை. ஒவ்வொரு சிறு-ஸ்பைக்கும் 2 மலர்கள் கொண்டது.

உமி 12ம் உமி 22ம் உருவத்தில் சவ்வு போன்றவை; சமமற்றவை. லெம்மா 1 (lemma 1) ஆண்மலர் கொண்டது அல்லது மலடாயிருக்கும். லெம்மா 2 - வழவழப்பானது, ஆனால் கனி நிலையில் கடினமாக மாறிவிடும். அது இருபால் மலர் கொண்டது. பேலியா (palea) சவ்வு போன்றது. லாடிகூல்கள் 2 (lodicules) மிகச் சிறியவை. மகரந்தத்தாள்கள் 3, சூலகம் ஓரறை கொண்டது, மேல்மட்டம் சூல் ஒன்று உள்ளது; அது அடியொட்டு முறையில் அமைந்தது. சூல்தண்டு 2 உண்டு. சூல்முடி இறகு போன்றது. கனி கேரியாப்சிஸ் (caryopsis) எனப்படும் தானியவகையில் அகன்று நீள்சதுரமானது; ஏறக்குறைய தட்டையாக இருக்கும்; ஒரு விதை கொண்டது.

புனே அரசு ஆய்வுப் பண்ணையில் 1894 இல் முதன் முதலில் பயிரிடப்பட்டு ஏக்கருக்கு 13·5 டன் பசுந்தீவனம் கொடுக்கக்கூடியது என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. கோயம்புத்தூர், கோவில்பட்டி வேளாண் மைப் பண்ணை இறைவைப் புன்செய்களில் பயிர் செய்து பார்த்ததில் தென்னிந்தியச் சமவெளிகளிலும் நன்கு வளரக்கூடியது என்று அறியப்பட்டது. மேலும் சேலம் சேர்வராயன் மலையிலும், திருநெல் வேலி முண்டன்துறையிலும், குற்றாலத்திலும் தன்னிச்சையாகக் காணப்படுகிறது.

இதை ஆண்டுக்கு 8-10 முறை அறுவடை செய்ய லாம். இந்திய மண்ணில் ஹெக்டேருக்கு 4-6 டன் விளைந்தாலும், மலேயாவில் ஹெக்டேருக்கு 14 டன், பிரிட்டிஷ் கயானாவில் ஹெக்டேருக்கு 16 டன் விளைச்சல் கிடைக்கிறது. இந்த மேய்ச்சல் புல் பசு மையாக இருக்கும்போதே தீவனமாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். காலை நேரங்களில் எருமைப்புல்லின் மேலிருக்கும் பனித்துளிகள் காய்ந்த பிறகே மாடுகள் இவற்றைத் தின்னும்.

பயன். கால்நடைகள் இப்புல்லை விரும்பி உட் கொள்கின்றன. வெப்ப நாடுகளிலுள்ள சத்து நிறைந்த புற்களில் இதுவும் ஒன்றாகும். இதில் புரதச் சத்து மிகுதியாக உள்ளது. கினி - புல், நேப்பியர் - புல் போல் மாடுகள் இப்புல்லின் தண்டுகளைக் கழிப்ப தில்லை. இதற்குக் காரணம் இப்புற்களின் தண்டுப் பகுதியில் நார்த்தொகுதி குறைவாகவும், இலைப் பகுதி மிகுதியாகவும் இருத்தலேயாகும். மேலும் புற் களில் கால்நடைகளுக்குத் தேவையான அனைத்துச் சத்துப் பொருள்களும் காணப்படுகின்றன. முக்கிய மான வைட்டமின்கள் அதிக அளவிலுள்ளன. ஆண்டின் சிறு பருவங்களில் புற்களில் சில கனிமப் பொருள்கள் குறையவும் செய்கின்றன. அப்போது வேறு தீவனங்களைச் சேர்த்து ஈடு செய்ய வேண்டும்.

அகில உலக அளவில் எருமைப்புல் என்ற பெயர் பக்லோ டேக்டிலியாய்டஸ் (buchloe dactyloides) என்ற புல்லினத்தைக் குறிக்கும். இது தென் அமெரிக் காவிலும், ஆப்பிரிக்காவிலும் தன்னிச்சையாக வளர் கிறது. இப்புல் அமெரிக்காவில் புல்வெளிகளையும், மேய்ச்சல் நிலங்களையும் மிகுதியாகத் தோற்றுவித் துள்ளதால் முதலில் குடியேறிய ஐரோப்பியர்கள் இப் புல்லை வீடு அமைத்துக் கொள்வதற்கும், கால் நடைத் தீவனத்திற்கும் பயன்படுத்தினர்.

- தி. கணேசன்

எருவிடுதல்

வேளாண்மையில் எருவிடும் வழக்கம் தொன்று தொட்டே இருந்து வருகின்றது. முன்காலத்தில் நிலத்தில் வளர்ந்திருந்த புதர்களை அழித்தும், எரித் தும் சாகுபடி செய்தனர். ஓரிரு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு அந்த நிலத்தில் விளைச்சல் குறையவே, வேறு இடங்களுக்குச் சென்று புதிய நிலங்களில் புதர்களை அழித்து எரித்து மீண்டும் சாகுபடி செய்தனர். இவ் வாறே சாகுபடி நிலத்தைச் சில ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை மாற்றும் பழக்கம் இன்னமும் ஆப்பிரிக்கா, அஸ்ஸாம் போன்ற இடங்களில் காணப்படுகிறது. இதற்கு ஜூம் (zoom) சாகுபடி என்று பெயர்.

மக்கள் தொகை குறைவாக இருந்த காரணத் தாலும், நிலம் தேவையான அளவிற்கு மேல் மிகுதி யாகவே இருந்ததாலும், சாகுபடி நிலத்தை மாற்றிக்

கொண்டே செல்வது எளிதாக இருந்தது. ஆனால் பிற்காலத்தில் நாளுக்கு நாள் நிலத்தின் தேவை பெருகியதால், குறிப்பிட்ட நிலத்தையே மீண்டும் மீண்டும் சாகுபடி செய்யவேண்டிய நிலைமை உருவாகியது. தொடர்ந்து சாகுபடி செய்ததால், இழந்த மண்வளத்தைச் சீர்செய்யக் காடுகளிலிருந்து இலை தழைகளைக் கொண்டு வந்து நிலத்தில் இட, இந்தப் பழக்கம் நல்ல பயனைத் தந்தது. எனவே, பசுந்தாள் தரும் செடிகளைப்பயிர் செய்யத் தொடங்கினர். பிறகு விலங்கு மனிதரின் கழிவை மட்க வைத்து, நிலத்தில் இட்டதாலும் நல்ல பயன் கிடைத்தது. இதுபோன்ற பொருள்களைச் சேர்ப்பதும், அவற்றை மட்கவைத்து நிலத்திற்கு இடுவதும் பின்னர் நடைமுறைப் பழக்கங்களாக மாறிவிட்டன.

இயற்கை உரங்களைக் கொண்டு எருவிடுவதால் விளைச்சல் பெருகுகிறது. இயற்கை உரங்கள் மிகுதியான பயன்களைக் கொண்டவை. அவை தழை, மணி, சாம்பல் சத்துகளுடன் சிறிதளவு நுண்ணூட்டச் சத்துகளையும் (micronutrients) அளிக்கின்றன; மண்ணின் இயல்பு பண்பும் உயர்த்துகின்றன. களி மண் சார்ந்த நிலங்களில் காற்றோட்டத்தையும் நீர் ஊடுருவும் தன்மையையும் உயர்த்துகின்றன. மணற்பாங்கான நிலங்களில், மணல் துகள்களை ஒட்டிக் கொள்ளச் செய்து, சிறு கட்டிகளாக்கி நிலத்தில் நீரைத் தக்க வைத்துக் கொள்ளும் தன்மையை உண்டாக்குகின்றன. நன்றாக மட்கிய இயற்கை உரத்தின் நேர்மின் அயனிப்பரிமாற்றுத்திறன் மிகுதியாக உள்ளது. ஆகவே, அவை மண்ணின் நேர்மின் அயனிப் பரிமாற்றுத்திறனை உயர்த்தி, பயிர்ச் சத்துகளை மண்ணிலேயே தங்க வைக்கின்றன. இவற்றால் சத்துகள் நீரால் அடித்துச் செல்லப்படுவதும் மண்ணிலேயே தாவரங்களுக்குக் கிடைக்காவண்ணம் நிலைப்படுத்தப்படுவதும் தடுக்கப்படும். எருமட்கும் பொழுது கரிம சேர்மங்கள் உண்டாகின்றன. அவை நுண்ணூட்டச்சத்துகளுடன் வினைபுரிந்து பயிர்கள் உள்ளேற்குமாறு செய்கின்றன. இல்லையேல் இந்த நுண்ணூட்டச் சத்துகள் நீரால் அடித்துச் செல்லப்படும் அல்லது மண்ணில் பயிருக்குக் கிடைக்காமல் நிலைப்படுத்தப்படும். எருக்கள் மண்ணிலுள்ள நுண்ணுயிர்களுக்கு ஆற்றல் தரும் உணவுப் பொருள்களாகின்றன. இவ்வாறு வளர்க்கப்படும் நுண்ணுயிர்கள் தழைச்சத்தைப் பயிர்களுக்குக் கிடைக்குமாறு மாற்றுகின்றன; மணிச்சத்தையும் நுண்ணூட்டச் சத்துகளையும் கரைக்கின்றன. எனவே மண்ணின் ஊட்டம் உயர்கிறது. எருவிடுதலால் பெருகும் நுண்ணுயிர்கள் மண்ணில் நோயுண்டாக்கும் நுண்ணுயிர்களின் பெருக்கத்தைக் குறைத்துப் பயிர்களுக்கு நோய்கள் உண்டாக்கும் வாய்ப்பைக் குறைக்கின்றன.

இத்தகைய நன்மைகளைக் கருதி எருவிடுதலை வேளாண்மையில் தவறாது கடைப்பிடிக்கவேண்டும். எருக்கள் பலவகைப்படும். அவை பசுந்தாள் உரங்கள், பண்ணைத் தொழு உரம், விலங்குக் கழிவு, கம்போஸ்ட் பயிர்களின் தாள்கள் மற்றும் வேர்கள் முதலியன ஆகும்.

பசுந்தாள் உரங்கள், நிலத்திலிடப்படும் புதிய மட்காத தாவரப் பகுதிகளாகும். அனைத்துத் தாவரங்களும், பயனளித்தாலும், பயறு இனத்தாவரங்களும், மரங்களும், அவற்றின் மிகுதியான தழைச் சத்திற்காகப் பயன்படுகின்றன. அவை மிகுதியான தழைச்சத்துக் கொண்டிருப்பதால், எளிதில் மட்கிப் பயிருக்கு ஊட்டச்சத்துகளை அளிக்கின்றன. எவ்விதப் பசுந்தாள் உரம் அளித்தாலும், அவை மட்குவதற்கு 7-10 நாள் ஆகும். அதன் பிறகு தான் பயிர் செய்யவேண்டும். இந்தக் கருத்து நன்செய் நிலங்களைப் பொறுத்தவரையில் இன்றியமையாதது.

பசுந்தாள்கள் மட்கும் காலத்தில் பயிருக்குத் தீங்கு விளைவிக்கக் கூடிய கரிம அமிலங்கள் உற்பத்தியாகி, பின் அவை பல வினைமாற்றங்களடைந்து தீங்கற்ற வேறு பொருள்களாக மாறுகின்றன அல்லது நீரால் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன. ஆகவே, பசுந்தாளிட்ட 7-10 நாளுக்குப் பின் பயிருக்கு எவ்விதத் தீங்கும் நேர்வதில்லை. பொதுவான உலர்ந்த பயறு இனத்தாவரங்கள் 2% தழைச்சத்தும், 0. 5% மணிச் சத்தும், 2. % சாம்பல் சத்தும், சிறிதளவு நுண்ணூட்டச் சத்தும் கொண்டிருக்கின்றன.

பண்ணைத் தொழு உரம் பெரும்பாலும் பண்ணையிலுள்ள ஆடு மாடுகளின் சாணி, சிறுநீர் ஆகிய கழிவுகளைக் கொண்டது. இவற்றுடன் வேறு பல பண்ணைக் குப்பைகளும், பயனில்லாத பயிரின் பகுதிகளும் சேர்க்கப்படுகின்றன. இவை ஒரு குழியில் மட்க வைக்கப்பட்டுப் பிறகு நிலத்தில் சேர்க்கப்படுகின்றன. நிலங்களில் ஆடு, வாத்து, மாட்டுக் கிடையிடுவதும், அவற்றால் கிடைக்கும் சாணம் போன்ற கழிவுப் பொருள்களை நிலத்தில் உழுது கலப்பதும் இன்றும் வழக்கத்திலுள்ளன.

சாண எரி வளிமம் சிற்றூர்களில் பெருகி வருவதால் எரிவளிமம் உற்பத்தியான பின் தொட்டியிலுள்ள கழிவுப் பொருளும் எருவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பண்ணைத் தொழு உரம் 1. 0 % தழைச் சத்தும், 0. 2 % மணிச்சத்தும் 0. 5 % சாம்பல் சத்தும் கொண்டிருக்கிறது. சாண எரிவளிமக் கழிவுப் பொருளில் 1. 03 % தழைச்சத்தும், 0. 30 % மணிச்சத்தும், 0. 53 % சாம்பல் சத்தும் உள்ளன.

கம்போஸ்ட் என்பது மனித, விலங்கு, வீட்டுக் கழிவுப் பொருள்கள், பண்ணைக் கழிவுகள் ஆகியவற்றை மட்க வைத்துத் தயாரிப்பது. தென்கிழக்கு ஆசிய நாடுகளிலும், மனிதக் கழிவைப் பெருமளவில் மட்க வைத்து நிலத்திற்கு இடுவது சீனாவிலும் நடைபெறுகின்றன. ஆனால், இந்தியாவில் இது பெருமளவுக்கு நடைமுறையில் இல்லை. எனினும்

நகராட்சிகளிலும், பேரூராட்சிகளிலும் கம்போஸ்ட் மட்க வைக்கும் நிலங்களில் கழிவுகளைத் திரட்டி மட்க வைத்து உழவர்களுக்கு விற்கின்றனர். கம்போஸ்டின் ஊட்டச்சத்து அளவுகளில் பெருவாரியான வேறுபாடுகள் காணப்பட்டாலும், பொதுவாக அவை 1.25% தழைச் சத்தும், 1.75% மணிச்சத்தும் 1.5% சாம்பல் சத்தும் கொண்டுள்ளன.

எருக்களைக் கொணர்ந்து நிலத்தில் இடுவதோடு மட்டுமன்றிப் பயிர்களின் தாள்கள். வேர்ப்பகுதிகள் முதலியவற்றை உழுது நிலத்திலேயே மட்கச் செய்தால் அவையும் எருவாகப் பயனாகின்றன. ஆண்டுக்கு மூன்று முறை சாகுபடி செய்யப்படும் தீவிர வேளாண்மையில் ஹெக்டேருக்கு 3 - 5 டன் பயிரின் தாள்களும், வேர்ப் பகுதிகளும் சேர்கின்றன. இவற்றின் ஊட்டச்சத்து அளவுகள் குறைவாக இருந்த போதும் இவை பல நல்ல விளைவுகளை மண்ணில் ஏற்படுத்துகின்றன. மண்ணின் இயல், வேதியியல் பண்புகள் உயர்வு பெறுகின்றன.

பயிர்களுக்கு எருவிடுதல் என்பது நீண்டகால வழக்கமாகும். ஆயினும் உயர்விளைச்சல் வகைகளைப் பயிரிடுவதும், வேதி உரங்களை இடுவதும் மிகுதியாக உள்ள இக்காலத்தில் எருவிடும் பழக்கம் குறைந்து வருகிறது. தீவிர வேளாண்மையில் பயிரின் உயர் விளைச்சலை இயற்கை உரங்களால் மட்டுமே பெற முடியாவிட்டாலும், கிடைக்கும் எருக்களையும் பயிர்களின் தாள்களையும், வேர்களையும் மண்ணிலேயே கூடிய அளவு மீண்டும் இடவேண்டும். வேதி உரங்களின் விலை உயர்வு, மண்வளத்தைத் தொடர்ந்து காப்பாற்றவேண்டிய நிலை, வேதி உரங்களைத் தேவைக்கு மேல் பயன்படுத்தினால் ஏற்படக்கூடிய சுற்றுப்புறப் பாதிப்பு ஆகியவற்றைத் தவிர்க்க எருவிடுதல் இன்றியமையாதது ஆகும்.

-சுப. பழனியப்பன்

எல்.எஸ்.டி.

இது ஒரு மனமருட்சியூட்டும் கொடிய போதைப் பொருள்களில் ஒன்றாகும். மக்கள் தொன்மைக் காலத்திலிருந்தே மன மருட்சியூட்டும் மருந்துகளை இயற்கையிலிருந்து பெற்று, பயன்படுத்தி வந்தனர். 1960 முதல் அமெரிக்காவில் பெருமளவில் தவறான வழியில் மனமருட்சி மருந்துகள் கையாளப்பட்டன. இத்தகைய மனமருட்சி மருந்துகளில் எல்.எஸ்.டி. எனச் சுருக்கமாகக் குறிப்பிடப்படும் லைசெர்ஜிக் அமைல டை ஈதைலமைடு (LSD) முக்கியமானதாகும்.

மனமருட்சியூட்டும் மருந்துகளில் இரு வகைகள் உண்டு. அவை இன்டோல் அல்கைல் அமைன்கள், பிடாஃபென் ஈதைல் அமைன் என்பன. (காண்க, இண்டோல்)

இண்டோல் அல்கைல் அமைன்களில் லைசெர்ஜிக் அமில டைஈதைலமைடு, பிசிலோசிபின், பிசிலோசின், டைமீதைல் டிரிப்டமைன், டைஈதைல் டிரிப்டமைன் ஆகியவை அடங்கும். ஃபென்ஈதைல் அமைன்களில் மெஸ்கலைன், டைமிதாக்சி மீத்தைல் ஆம்ஃபீட்டைமின், மெதிலீன் டை ஆக்சிஆம்ஃபீட்டமின் ஆகியவை அடங்கும். அமெரிக்காவில் மட்டும் எல்.எஸ்.டி. பழக்கமுள்ளவர்கள் 1 லட்சம் பேர் இருப்பர்.

எல்.எஸ்.டி. மருந்துகள் மைய நரம்பு மண்டலத்தைத் தூண்டுகின்றன. அதிக அலகு எடுத்துக் கொண்டால் வலிப்பு உண்டாகும். எல்.எஸ்.டி.யால் இரத்தமிகை அழுத்தம் உண்டாகிறது; மூச்சு விடும் விகிதம் அதிகரிக்கிறது. மிகையான இதயத் துடிப்பு, மிகையான உடல் வெப்பம், கண்பார்வை விரிவு, தண்டுவட அனிச்சைகளின் மிகையான விகிதம் போன்றவை தோன்றுகின்றன. மிகை வியர்ப்பு, உமிழ் நீர்ச்சுரப்பு, கண்ணீர்ச் சுரப்பு, குமட்டல், வாந்தி ஆகியவையும் உண்டாகின்றன. அளவு, தொலைவு போன்றவைகளின் மதிப்பீடு சீர்கேடடைகின்றன. இதற்கு உடல்சார்ந்த மருந்தடிமைப் பழக்கம் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் தாங்குதிறன் விரைவாக உண்டாகிறது. உடலின் உறுப்புகள் வெவ்வேறாதல் போன்ற உணர்வு ஏற்படும். நேரம் காலம் ஆகியவைப் பற்றிய தெளிவும் இருக்காது. வண்ண வண்ணக் கற்பனைகளையும் தன்னிச்சையான சிந்தனைகளையும் உடல் புல்லரிக்க வைக்கும் உணர்வுகள் போன்றவற்றையும் ஏற்படுத்தும். சில சமயங்களில் கசப்பான அனுபவங்களையும் உண்டாக்கும். மனக்குழப்பம் மூளைக் கோளாறு போன்ற விளைவுகளையும் ஏற்படுத்தும். கற்பனைகளின் பாதிப்பால் நோயாளி தாம் என்ன செய்கிறோம் என்று அறியாமலேயே உயரமான இடத்திலிருந்து குதிப்பதாலோ, நீரில் விழுவதாலோ பேருந்துகள் செல்லும்போது சாலையில் குறுக்கே சென்று விழுவதாலோ அகால மரணமடையலாம். அண்மைக்கால ஆய்வுகள் எல்.எஸ்.டி. கொடிய போதை மருந்துகளில் ஒன்று என்றும் ஜீன்களில் திடீர் மாற்றத்தை உண்டாக்கி விந்தணுச் செல், சினைச்செல் ஆகியவற்றின் ஊனத்தையும், கரு ஊனத்தையும் ஏற்படுத்தி வருங்கால தலைமுறையினரில் சீர்கேடான மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தலாம் என வெளிப்படுத்தியுள்ளன.

எல்.எஸ்.டி. எவ்விதம் செயலாற்றுகிறது என்பது இன்னும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எல்.எஸ்.டி. ஆல் உண்டாகும் மனமருட்சி, செரோட்டோனின் நியூரான் செல்கள் அடக்கப்படுவதால் உண்டாகிறது. என நம்பப்படுகிறது. 0.5 மைக்ரோ கிராம்/1 கிலோ எடைக்கு எடுத்துக் கொண்டால், விளைவுகள் 8-12 மணி நேரம் நீடித்துப் படிப்படியாக மறையும்.

மனமருட்சி மருந்துகளில், வேண்டா விளைவு களை உண்டாக்கும் மருந்து எல்,எஸ்,டி. ஆகும். முனைப்புடன் பணி புரியத் தேவையான எல்.எஸ்.டி. யின் அலகும், தீய விளைவுகளை உண்டாக்கும் எல்.எஸ்.டி.யின் அலகும் வெவ்வேறானவை. எல்,எஸ்.டி. ஆல் ஏற்படும் மரணங்கள், விபத்துக் கள் எல்.எஸ்.டி.ன் நச்சு விளைவால் ஏற்படுவன வல்ல, எல்.எஸ்.டி. யால் ஏற்படும் மனக் கோளா றால் ஏற்படுகின்றன.

எல் எஸ்.டி யின் தீய விளைவுகளை மட்டுப் படுத்த ஃபீனோ தையசின்கள் உதவும். நீண்டகால மனக் கோளாறு பல நாள்களிலிருந்து பல மாதங்கள் வரை நீடிக்கும். சில போது, எல்.எஸ்.டி. ஐ நிறுத்திய பல ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் கூட அதன் தீய விளைவுகள் வெளிப்படும். இதற்கு ஃபீனோதய சின்கள் நல்ல பலனளிக்கும்.

-அ. கதிரேசன்

எல்.டோப்பா

இது டோப்பமைனின் முன்னோடி (precursor)ஆகும். எல். டோப்பா (L. Dopa) என்ற வார்த்தை டைஹைட்ராக்சி ஃபீனைல் அலனின் என்பதன் சுருக் கமாகும். இது கேட்டகால். அமீன்கள் உருவாக்கத் தின் L.டைரோசினின் இடை சிதைவுமாற்றப் பொரு ளாக உண்டாகிறது. பார்க்கின்சோனிசம் எனப்படும் நோய்க்கு அளிக்கப்படும் மருந்துகளில் லீவோடோப் பாவும் ஒன்றாகும்.

பார்க்கின்சன் நோயாளிகளுக்கு மூளையில் டோப்பமைன் அளவை அதிகரிக்க எல்.டோப்பா பயன்படுத்தப்படுகிறது. டோப்பாமைனை உட்செலுத் தும்போது, இரத்தம் மூளைத் தடையைக் கடக்க இயலாமையால் அது பலனளிக்கவில்லை. எல்.டோப் பாவை உட்செலுத்தினால், நொதிகள் மற்றும் இணை அம்சங்கள் இடையே, எளிதில் அது டோபாமைனாக மாற்றப்படுகிறது. 1970 இல், அமெரிக்காவில், பார்க் கின்சன் நோய்க்கு மருந்தாக லீவோ-டேபோ ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது.

லீவோடோப்பா, முனைப்பான கடத்தல் முறை மூலம், இரைப்பை சிறுகுடல் பாதையில் ஏற்கப்படு கிறது. லீவோ-டோப்பா, ஒரு மருந்தாக மட்டும் செயல்படாமல், டோபாமைனின் முன்னோடியாகவும் இயற்கையிலேயே கிடைக்கும் அமினோ அமிலமாக வும் பணி புரிகிறது. பெருமளவில் எல்-டோப்பா கொடுக்கப்பட வேண்டும். ஏனெனில் உட்சென்ற மருந்தின் 1% தான், மூளையை அடைகிறது. எஞ்சி யவை வளர்சிதை மாற்றங்களுக்குட்பட்டு வெளியேற் றப்படுகின்றன. டோபாமைனின் ஒரு சிறு பகுதி நார் எபிநெஃப்ரினாகவும், அதிலும் ஒரு சிறு பகுதி எபி நெஃப்ரினாகவும், மாற்றப்படுகின்றன.

மருந்துகளால் உண்டான பார்க்கின்சன் நோயைத் தவிர மற்ற அனைத்து வகையான பார்க்கின்சன் நோய்களுக்கும் லீவோ டோப்பா நல்ல பலனளிக் கிறது. 75% நோயாளிகள் நல்ல நிலையை அடை கின்றனர். நோயின் எல்லா அறிகுறிகளுமே மிகவும் விரைவாகச் சீரடைகின்றன. பார்க்கின்சன் நோயின் முக்கிய அறிகுறிகளான தசை இறக்கம், செயலாற்ற லின்மை, கை நடுக்கம் ஆகியவற்றில் முதல் இரண்டு அறிகுறிகளும் மிகுவிரைவாகச் சீரடைகின்றன. லீவோ டோப்பாவின் நல்ல விளைவுகள் பல ஆண்டு கள் நீடிக்கின்றன. பார்க்கின்சன் நோய் ஒரு நாட் பட்ட நோயாக இருப்பதால், அதற்கு முழுமையான தீர்வு கிடையாது. எனினும் லீவோ டோப்பா, நோயாளிகளின் வாழ்க்கையின் தரத்தை அதிகரிக் கவும், நீடிக்கவும் செய்கிறது. எல்.டோப்பா பயன் படுத்தப்பட்ட பின்னர், பார்க்கின்சன் நோயின் இறப்பு விகிதம் 50% குறைந்துள்ளது. மேலும் 10 வருடம் நோயுடன் வாழ்பவர்கள், லீவோ டோப்பா விற்குப் பின்னர் 20 ஆண்டுகள் வாழ்கின்றனர்.

வேண்டா விளைவுகள். குமட்டல், வாந்தி, நிலை மாற்றக் குறை இரத்த அழுத்தம், இதயத் துடிப்பின் லய மாற்றம் போன்றவை. லீவோ டோப்பாவின் அல கைக் குறைத்தும் இவை சீரடைகின்றன. சிலசமயம், கை, கால், முகம் ஆகியவற்றின் தசைத் துடிப்புகள் உண்டாகின்றன. சிலரிடம் மனத் தளர்ச்சியும், தற் கொலை மனப்பான்மையும் உண்டாகின்றன.

பைரிடாக்சின், ரிசெர்பின் ஆகியவை எல்.டோபா வினை புரிவதைத் தடை செய்கின்றன. லீவோ டோப்பா மாத்திரையாகவோ, குளிகையாகவோ, 100, 250, 500 மி.கி. அலகில் கிடைக்கிறது. துவக் கத்தில் 500-2000 மி.கி. வரை கொடுக்கலாம். ஒரு நாளைக்கு 8 கிராமுக்கு அதிகமாக லீவோ டோபா வைக் கொடுக்கக் கூடாது. இந்த மாத்திரையை உண விற்குப் பின் எடுத்துக் கொள்வது நல்லது. சில போது 250 மி.கி. லீவோ டோபாடைன் 25 மி.கி. கார்பி டோபா (carbidopa) அல்லது 50 மி.கி. பென்சர சைடை (benzerazide) சேர்த்துக் கொடுப்பதும் பலன ளிக்கும்.

- அ. கதிரேசன்

எல்ம்

இதன் தாவரவியல் பெயர் அல்மஸ் (ulmus) ஆகும். இது அல்மேசி எனப்படும் இரு வித்திலைக் குடும் பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். எல்ம் (elm) மரம் அதன்

அழகிய இலைகளுக்காகவும், கம்பிரமான தோற்றத் திற்காகவும் சாலைகளிலும், பூங்காக்களிலும் வளர்க் கப்படுகிறது. பொதுவாக இம் மரங்கள் இலை யுதிர் வகைகளாகக் காணப்பட்டாலும் ஒரு பாற் பசுமைத் (semi-evergreen) தன்மையும் பெற்றிருக் கும். இங்கிலாந்தில் ரோமானியர்களால் இது புகுத்தப்பட்டது என்று கூறப்படுகிறது.

வளரியல்பு. பொதுவாக இது 20-50 மீட்டர் உயரம் வளரக்கூடிய மரமாகும். கிளைகள் மிகுதி யாகவும், பரவலாகவும் காணப்படும். இலைகள் மாற்றிலையடுக்கு அமைப்பாக இருவரிசையில் அமைந்திருக்கும். இலையடிச் செதில்கள் இலைக்கு இரண்டாகத் தனித்துக் காணப்படும். அவை விரை வில் உதிர்பவையாகும். இலைக் காம்பு சிறியது. இலைப்பரப்பு (blade) நீள் முட்டைவடிவம்; ஒழுங் கற்றது; ஒரு பகுதி அகலமாகவும் மறுபகுதி குறுகியுமிருக்கும்; வால் போன்று நீண்ட நுனி விளிம்பு இரட்டை ரம்பப் பல் போல் (biserrate) அமைந்திருக்கும். நரம்புகள் நெருக்கமாக ஒழுங்காக இருக்கும். பனிக்காலக் குருத்துகள் அடுக்கடுக்காக அமைந்த செதில் இலைகளால் காக்கப்படுகின்றன. இச்செதில்கள் கீழே 2 வரிசையிலும் மேலே போகப் போக 5 வரிசைகள் வரையிலும் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

மஞ்சரி. இலைக்கோண சைம். பொதுவாக இலைகள் தோன்றுவதற்கு முன்பு மலர்கள் வெளி வந்து விடும். அவை சிறிய சிவப்பு நிறக்கொத்து களாகக் காணப்படும். ஆனால் அ. பார்விஃபோலியா (U. parvifolia) போன்ற சில இலையுதிர் வகைச் சிற்றினங்களில் மலர்கள் இலையோடு கூடிய கிளை களில் தோன்றுவதும் உண்டு. ஒவ்வொரு மஞ்சரிக் கொத்திலும் பல மலர்கள் காணப்படும். ஆனால் அ. ப்ரொசீரா (U. procera) என்ற இனத்தில் மஞ்சரி ஒரு மலரைக் கொண்டதாகும். பிற பக்க மலர்கள் படி மலர்ச்சியில் மறைந்துபோயிருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. மலர்கள் இருபாலானவை,

இலையுமைப்பு

எல்ம்

1. மஞ்சரிக்கிளை, 2. கோணக்குருத்து, 3. மலர் 4. சூலகம் 5. சிறகுக் கனி 6. மலர் நெடுக்கு வெட்டுத்தோற்றம்

ஒழுங்குமலர்கள்; அல்லி அற்றவை. அரிதாக ஒருபால் மலர்களும், இருபால் மலர்களும், சேர்ந்து காணப்படுவதுண்டு.

புல்லிவட்டம். இணைந்த புல்லிகள் 4-9 ஆகப் பிளவுபட்டிருக்கும்; அல்லிவட்டம் இல்லை. மகரந்தத் தாள்கள் புல்லி இதழ்களுக்குச் சமமாகவும் அவற்றிற்கு எதிராகவும் அமைந்திருக்கும். சூலகம் மேல்மட்ட சூல்பை, சூலறை ஒன்று, சூல் ஒன்று, தொங்கு ஒட்டு முறை, சூல்தண்டு இரண்டாகப் பிளவுபட்டிருக்கும்.

கனி. வெடியாக்கனி, சிறகுக்கனி ஆகும். கனித்தோல் மெல்லியதாக ஜவ்வுபோல் இருக்கும். மகரந்தச்சேர்க்கை பொதுவாகக் காற்று நாட்டம் கொண்டது.

வகைப்பாடு, இந்த இனத்தில் 18 சிற்றினங்களுண்டு. குளிர் மிதவெப்ப அமெரிக்க, ஐரோப்பா, தென் ஆசியாவின் மலைப் பகுதிகளிலும் சமவெளிகளிலும் காணலாம்.

வளர்ப்பு முறை. பொதுவாக விதைகள் மூலம் இனப்பெருக்கம் நடைபெறும். பதியன்போட்டும், தூர்க் கன்றுகளைக் (suckers) கொண்டும் பெருக்கம் செய்வதுண்டு. விதைகள் மே அல்லது ஜூன் மாதங்களில் முதிர்ச்சியடையும். அவற்றை உடனே விதைக்கலாம். நட்ட விதைகளில் பெருவாரியானவை சில நாள்களில் முளைத்துவிடும். மற்ற விதைகள் அடுத்த இளவேனிற்காலம் வரை உறக்கநிலையிலிருக்கும். பதியன் மூலம் இனப்பெருக்கம் செய்யும்போது குச்சிகளை இலையுதிர் காலத்தில் நடுவர். பிறகு வேர் விட்ட குச்சிகளை ஓராண்டு கழித்து எடுத்துத் தேர்வு செய்த இடங்களில் நடுவர். பதியன் மூலம் இனப்பெருக்கம் செய்து கிடைக்கும் மரங்கள் குறைவான விதைகளைக் காலம் தாழ்த்தித் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்வித மரங்களில் இலைகள் மிகுதியாகக் காணப்படுவதால் இவை சிறந்த சாலை மரங்களாக உள்ளன. நன்கு வளர்ந்த மரங்களை இடம் விட்டு இடம் பெயர்த்து நடுவதுண்டு. இதற்குக் கிளைகளை வெட்டிச் சீர்செய்து கொள்ள வேண்டும்.

பொருளாதாரச் சிறப்பு. இவற்றின் கட்டைகள் கெட்டியாக முரடான பட்டையால் சூழப்பட்டிருக்கும். கட்டை உறுதியாக, கனமும் வலிவுமுள்ளதாக இருப்பதால் உடைப்பது எளிதன்று. வேளாண்தளவாடங்கள், வண்டிச் சக்கரம். குடம், கப்பல், படகு உறுப்புகள் முதலியன தயாரிக்க இதைப் பயன்படுத்துவர். கப்பல் கட்டும் தொழிலில் இம்மரத்தைப் பயன் படுத்தக் காரணம் அது நீரினுள் நாட்படக் கெடாமல் இருப்பதேயாகும்.

அ. கெம்பஸ்ட்ரிஸ் (*U. campestris*). இதை ஆங்கிலேய எல்ம் என்பர். இது உயரமான, அழகு வாய்ந்த, கம்பீரமான மரமாகும். ஏறத்தாழ 45 மீ வரை வளரக்கூடியது. அ. ஃபோலியேசியா

U. foliace அ. பார்விஃபோலியா (*U. parvifolia*), அ. புமிலா (*U. pumila*) முதலியன சிறு மரங்களான மையால் இவற்றை உள் அழகூட்டும் தாவரங்களான வீட்டுத் தொட்டிகளில் வளர்ப்பதுண்டு.

எல்ம் கிளைகளின் பட்டையின் உட்பகுதி வழவழப்புடையது. மருந்தாகப் பயன்படுகிறது, அ.ஃபுல்வா (*U. fulva*) சைனாவில் காணப்படுகிறது. இதன் பட்டையிலிருந்து கிடைக்கும் வழவழப்பான பொருளை உணவாகக் கொள்வர். அ. ஜப்பானிகா (*U. japanica*) உட்பட்டையிலிருந்து எடுக்கப்படும் நார்களைக் கொண்டு முரடான துணிகள் நெய்யப்படுகின்றன. அ. ப்ரொசீரா (*U. procera*) என்ற மரப் பட்டை மருந்தாக உள்ளும், புறமும் பயன்படுகிறது. அதிலிருந்து சாயம் தயாரிக்கிறார்கள். இமயமலையில் காணப்படும் சிற்றினமான அ. வாலிசியானா (*U, wallichiana*) மரத்திற்கு நறுமணமுண்டு.

எல்ம் மரத்தால் மனிதனுக்குப் பாதிப்பு ஏற்படுவதுண்டு. காற்று மூலம் ஒவ்வாமை ஏற்படலாம். இம்மரத்தின் மகரந்தத்தூள்கள் காற்றில் கலந்து மனிதன் சுவாசிக்கும்போது நுரையீரலை அடைந்தால் மூச்சுத் தொடர்பான நோய்களையும் தோல் நோய்களையும் தோற்றுவிக்கும். இதற்குக் காரணம் மகரந்தத்தூளிலுள்ள ஒலியோரெசினும் நீரில் கரையக்கூடிய ஆண்டிஜென்களுமாகும்.

நோய். குறிப்பாக அமெரிக்க எல்ம் மரங்களைப் பூச்சிகளும் பூஞ்சைகளும் தாக்கி அழிவை விளைவிக்கும். இதனால் அமெரிக்காவில் எல்ம் மரங்களுக்கு மாற்றாக செல்கோவா (zelkova) என்ற மற்றோர் இனத்தைப் புகுத்தி வருகின்றனர். எல்ம் மரத்தண்டிலுள்ள ஃப்ளோயம் திசுக்களை வைரஸ் துகள்கள் தாக்கிப் பாதிப்பை ஏற்படுத்தும்.

தென்னிந்தியாவில் எல்ம் மரங்களைக் காண்பதரிது. மாறாக இந்திய எல்ம் எனப்படும் ஹாலப்டீலியா (holoptelia) என்ற மரத்தைச் சாலை ஓரங்களிலும் இலையுதிர் காடுகளிலும் காணலாம். இதற்கு வெள்ளாயா, காஞ்சி, தபசி, ஆய்மா என்ற வட்டாரப் பெயர்கள் உண்டு. இதன் கட்டை முறுக்கேறியதாகவும், கிளைகளோடு கூடியதாகவும் இருப்பதால் மரவேலைக்கு ஏற்றதன்று.

- தி. கணேசன்

எல்லை

எந்த ஒரு கணிதச் செயலின்போதும், ஒரு சில கணியங்கள் நிலையான மதிப்புகளை உடையனவாகவும், ஒரு சில பல்வேறு மதிப்புகளை ஏற்பனவாகவும் இருக்கும். நிலையான மதிப்புகளை உடையவற்றை மாறிலிகள் (constants) என்றும், பல்வேறு மதிப்புகளை ஏற்கும்போது மதிப்புகள் மாறுவதால் அவற்றை மாறிகள் (variables) என்றும் குறிப்பிடுகின்றனர். இரண்டு மாறிகளில் ஒன்றின் மதிப்பு மற்றொன்றைச் சார்ந்திருக்குமானால் முதல் மாறியைச் சார்புடைய மாறி (dependent variable) என்றும் எஞ்சியதைச் சாரா மாறி (independent variable) என்றும் சுட்டலாம். எடுத்துக்காட்டாக, r ஆரமுள்ள ஒரு வட்டத்தின் பரப்பு A, πr^2க்குச் சமம் ($A=\pi r^2$). இங்கு π ஒரு மாறிலி. அதனால் வட்டத்தின் பரப்பளவு ஆரத்தைச் சார்ந்திருப்பதால், A சார்புடைய மாறி என்றும், r சாரா மாறி என்றும் கூறப்படும்.

மாறியின் எல்லை. $1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^3} +$ ... என்ற பெருக்குத் தொடரில் n உறுப்புகளின் கூட்டுத்தொகை s எனக் கொண்டால்.

$$s = 3\left(1 - \frac{1}{3^n}\right) = 3 - \frac{1}{3^{(n-1)}} \text{ ஆகும்.}$$

இதில் n இன் மதிப்பு அதிகரிக்க, அதிகரிக்க, $\frac{1}{3^{n-1}}$ இன் மதிப்பு குறைந்து கொண்டே வரும். n முடிவிலியை அணுகும்போது $\frac{1}{3^{n-1}}$ இன் மதிப்பு பூச்சியத்தை அணுகுவதால் s இன் எல்லை 3 ஆகும்.

இதை $\lim_{n\to\infty} s = 3$ எனக் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

பொதுவாக, n முடிவிலியை அணுகும்போது, $\{s_n\}$ என்ற தொடர்வில் s என்ற ஒரு முடிவுடைய எண்ணை அணுகுமானால், பின் s என்பது இத்தொடர்முறையின் (sequence) எல்லை என்று கூறப்படும்.

இதனைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்: ϵ என்ற ஏதேனும் ஒரு மிகச்சிறிய மிகை மெய்யெண் கொடுக்கப்படின், அதற்கேற்ப N என்ற ஒரு மிகை முழு எண்,

$n > N$ எனும்போது $|S_n - s| < \epsilon$ என்றமையுமாறு இருக்குமானால், பின் S என்பது $\{S_n\}$ என்ற தொடர்வின் எல்லை என்று கூறப்படும். இதைப் பின்வருமாறு எழுதுவது வழக்கம்.

$$\lim_{n\to\infty} S_n = S$$

இவ்வாறு அமையும் தொடர்வு ஓர் ஒடுங்கல் தொடர்வு (convergent sequence) எனப்படும். இத்

இத்தகைய முடிவுடைய எண் S இல்லாவிடில். இத் தொடர்வு ஒரு விரிவுத் தொடர் (divergent sequence) எனப்படும்.

இடப்புற மற்றும் வலப்புற எல்லை. a என்ற மெய் மதிப்பைவிடக் குறைந்த மதிப்புகள் வழியாக x என்ற மாறி a ஐ அணுகும்போது, f(x) இன் மதிப்பு ஒரு முடிவுடைய எண்ணை (l′) அணுகுமானால், அந்த எண் f(x) இன் இடப்புற எல்லை எனப்படும். இதை, $\lim_{n\to a} f(x)=l'$ என்றோ $f(a-)=l'$ என்றோ குறிப்பிடலாம்.

இதேபோன்று, a ஐவிடப்பெரிய மதிப்புகள் வழியாக x என்ற மாறி a ஐ அணுகும்போது, f(x) இன் மதிப்பு ஒரு முடிவுடைய எண்ணை (l″) அணுகுமானால், அவ்வெண் f(x) இன் வலப்புற எல்லை எனப்படும். இதை $\lim_{x\to a+} f(x)=l''$ என்றோ $f(a+) = l''$ என்றோ வரையறுக்கலாம்.

x = a எனும் புள்ளியில் f(x) இன் எல்லை l என்று இருக்குமானால் பின் $\lim_{x\to a} f(x) = \lim_{x\to a-} f(x) = \lim_{x\to a+} f(x)$ என்றாக வேண்டும்.

அதாவது, $\lim_{x\to a} f(x) = f(a-) = f(a+) = l$

முடிவிலி எல்லைகள் (infinite limits). L என்ற எத்தனைப் பெரிய மிகை எண் கொடுக்கப்பட்டிருந் தாலும் c-s, c+s என்ற இடைவெளியில் cஐத் தவிர எல்லா x மதிப்புகளுக்கும் f(x) > L ஆக இருக்குமாறு δ ஒன்று இருக்குமானால் x, c ஐ அணுக

f(x), ∞ஐ அணுகும்.

அதாவது $\lim_{x\to c} f(x) = \infty$

இது போலவே மேற்கண்ட நிபந்தனைகளுக்குட்பட்டு c ஐத் தவிர எல்லா x மதிப்புகளுக்கும் f(x) < -L ஆக இருக்குமாறு δ இருக்குமானால், x, cஐ அணுகும் போது f(x), -∞ஐ அணுகும்.

அதாவது $\lim_{n\to c} f(x) = -\infty$.

இதேபோல மிகை எண் ∈ எத்தனைச் சிறியதாக இருந்தாலும் x > mஆக இருக்கும்போது (—x>m ஆக இருக்கும்போது) $|f(x)-l| < \in$ ஆக அமையு மாறுபோதிய அளவு பெரிய m உளதானால் x → ∞ (— x → ∞) ஆனால் f(x), l என்ற எல்லையை அடையும்.

$$\lim_{x\to\infty} f(x) = l;\ \lim_{x\to-\infty} f(x) = l$$

மிகை எண் N க்கேற்ப x>m, (— x>m) என்றால்

f(x) > N என அமையுமாறு m என்ற மிகை எண் இருப்பின் x → ∞ (—x→∞) ஆனால் f(x), ∞ ஐ அணுகும்.

$$\lim_{x\to\infty} f(x) = \infty;\ \lim_{x\to-\infty} f(x) = \infty$$

எல்லையைக் காணப் பயன்படும் சில தேற்றங்கள்.

1. $\lim_{x\to a} f(x) = l$, $\lim_{x\to a} g(x) = m$ ஆனால்

$$\lim_{x\to a} \{f(x) \pm g(x)\} = l \pm m$$

2. $\lim_{x\to a} f(x) = l$; $\lim_{x\to a} g(x) = m$ எனில் $\lim_{x\to a} \{f(x)\ g(x)\} = l.m$ இதிலிருந்து c ஒரு மாறிலியாகவும் $\lim_{x\to a} f(x) = l$ என்றும் இருந்தால்,

$$\lim_{x\to a} \{c\ f(x)\} = cl \text{ ஆகும்}$$

3. $\lim_{x\to a} f(x) = l$, $\lim_{x\to a} g(x) = m$, $m \neq 0$ ஆக

இருந்தால் $\lim_{x\to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{l}{m}$

சில குறிப்பிட்ட சார்புகளின் எல்லைகள்.

1. ஒரு முழு எண் அல்லது குறை எண் அல்லது பின்னமாக இருந்தாலும்

1. $\lim_{x\to a} \frac{x^n-a^n}{x-a} = na^{n-1}$

2. $\lim_{\theta\to 0} \frac{\sin\theta}{\theta} = 1$ (θ ஆரையன் அளவு)

3. $\lim_{n\to\infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e$

4. $\lim_{n\to\infty} (1+n)^{\frac{1}{n}} = e$

5. $\lim_{x\to 0} \frac{e^x-1}{x} = 1$

6. $\lim_{x\to 0} \frac{a^x-1}{x} = \log_e a,\ (a > 0)$

7. $\lim_{x \to 0} \frac{1}{x} \log_e(1 + x)$

$$= \lim_{x \to 0} \log (1+x)^{\frac{1}{x}} = 1$$

- பங்கஜம் கணேசன்

எல்-ஹாஸ்பிடல் விதி

(x), g(x) என்பன x இன் இருசார்பலன்களாக இருக்கும்போது,

$$\lim_{x \to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\frac{f(x)}{g(x)} \text{ இன் எல்லை}}{\text{இன் எல்லை}}$$

எனக்குறிப்பிட்டால், இவ்வெல்லைகள் இரண்டும் பூச்சியமாகவோ. முடிவிலி எண்களாகவோ இருந்தால் a ஐ x அணுகும்போது $\frac{f(x)}{g(x)}$ இன் எல்லை $\frac{0}{0}$ அல்லது $\frac{\infty}{\infty}$ என்ற அமைப்பில் கிடைக்கும். இதைத் தேரப் பெறா அமைப்பு (indeterminate form) எனக்குறிப் பிடலாம்.

$\frac{0}{0}$, $\frac{\infty}{\infty}$, $0\times\infty$, $\infty-\infty$, ∞^1, ∞^0, 0^0 ஆகிய அமைப்புகளும் தேரப்பெறா அமைப்புகள் எனப்படுகின்றன. இவற்றின் மதிப்புகளைக் காணப் பயன்படும் சில முறைகள் எல்-ஹாஸ்பிடல் விதியின் (L' Hospital rule) அடிப்படையில் அமைகின்றன. இதனை விரிவாகப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

1. x=a என்பதன் அயலில் (neighbourhood) f(x), g(x) என்ற சார்பலன்கள் தொடர்ச்சி உடையனவாக இருந்து,
2. x=a என்ற புள்ளி தவிர்த்த x=a இன் அயலில் f′(x), g′(x) என்பன உள்ளன வாகவும்
3. f(a)=0, g(a) =0 என்றும்
4. x=a என்ற புள்ளி தவிர்த்த x=a இன் அயலில் $g'(x)\neq 0$ என்றும்
5. $\lim_{x \to a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$ இருக்குமானால்

$$\lim_{x \to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \to a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$ ஆகும்.

மேலும் f(x), g(x) என்பன்வும், அவற்றின் முதல் (n-1) வரிசை வகைக் கெழுக்களும் x=a ல் பூச்சிய மாக இருந்து, அவற்றின் n வரிசை வகைக்கெழுக்கள் முடிவுள்ளனவாகவும், பூச்சியமில்லாமலும் இருப்பின்

$$\lim_{x \to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \to a} \frac{f^n(x)}{g^n(x)}$$ ஆகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்.

எலி

கொறிக்கும் பாலூட்டி வரிசையைச் சார்ந்தவற்றுள், இனத்திலும் எண்ணிக்கையிலும் மிக அதிகமானவை எலிகள் ஆகும். பாலூட்டிகளான இவை ஏனைய பாலூட்டிகளுடன் ஒப்பிடும்போது உருவத்தில் சிறியனவாய் உள்ளன. உணவைக் கொறிப்பதற் கேற்ப அமைந்துள்ள பற்களினமைப்பே இவற்றின் சிறப்புப் பண்பாகும். எலியும் பழுப்பு எலியும் மனித னால் எடுத்துச் செல்லப்பட்டோ தாமாகவே உலகின் பல பகுதிகளுக்கும் சென்றோ அப்பகுதிகளில் வாழ் வதற்கேற்றவாறு தங்களை மாற்றிக் கொண்டன. எலிகளில் காணப்படும் வேறுபாடுகளை ஊன்றி நோக்கும்போது அவை எவ்வாறு சுற்றுப்புறங்களின் தேவைகளுக்கேற்பத் தடையின்றித் தங்களை மாற்றிக் கொண்டுள்ளன என்பது தெரிய வரும். தேவை ஏற்படும்போது அவற்றின் மேல் தோல் அல்லது மேல் மயிர்களின் நிறமும் தன்மையும் மாறுபடுகின்றன. திறந்த வெளி, வயல் அல்லது காடு இவற்றில் வாழ் பவை ஒளி மிகுந்த இளம் சிவப்பு நிற மேல்மயிரோடும் வெள்ளை நிற வயிற்றுப் பகுதியோடும் காணப் படுகின்றன. ஆனால்,மனிதனைச் சார்ந்து ஒட்டுண்ணி யாக மாறிய வீட்டு எலிகள் வீடுகளின் இருள் நிறைந்த உள்பகுதியிலேயே வாழ்வதால் பளபளப் பான நிறத்தை இழந்து மங்கலான நிறத்தையுடைய மேல் மயிருடனும் அழுக்கடைந்த உடலின் வயிற்றுப் பகுதியோடும் காணப்படுகின்றன.

இந்திய முந்நீரக வயல்களில் வாழும் எலிகளின் பழக்கங்கள் கோடை, மழைக் காலங்களில் பெரு மளவு வேறுபட்டனவாக அமைந்துள்ளன. அவற் றிற்குக் கிடைக்கும் உணவுப் பொருள்களிலும் பெரும் மாறுதல் காணப்படுகின்றது. பயிர்கள் விளைந்த பின்னரும் அறுவடையான பிறகும் மிகுதியாக உணவு கிடைக்கின்றது. பருவ மழை தொடங்கியதும் வீட்டு எலிகள் அரைகுறையாக வலசை போகின்றன. திறந்த வெளிகளில் வாழும் இக்கூட்டம் கோடைக் காலத்தில் பெருகும். பெரும்பாலானவை வயல் வெளி, வீட்டைச் சுற்றிய பகுதி, தோட்டம் இவற்றி லேயே காணப்படுகின்றன. ஆனால் மழைக்காலம் தொடங்கியதும் வீடுகளின் உள்ளே வாழும் இனம்

பல்கிப் பெருகும். வெளியில் சுற்றித் திரிந்த எலிகள் மழையில் நனைவதைத்தவிர்ப் பதற்காகவே வீடுகளின் உள்பகுதியில் வாழ்கின்றன.

பருவமழைக் காலங்களில் வெள்ளப் பெருக்கால் ஏற்படும் கேடுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக மேடான பகுதிகளில் ஒருசில எலிகள் வளைகளை அமைத்துக் கொள்ளும். வயல் வெளிகளின் வரப்பு உயரமான பகுதி இவற்றை வளை அமைப்பதற்கு ஏற்ற இடமாகத் தேர்ந்தெடுக்கும். இருப்பினும், தாழ்வான பகுதிகளில் வாழும் பல்லாயிரக்கணக்கான எலிக் குஞ்சுகள் ஆண்டுதோறும் பருவமழையின் வெள்ளப் பெருக்கால் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன.

எலிகள் வியக்கத்தக்க வகையில் இனத்தைப் பெருக்கவல்லன. வறட்சி நாளில் வெள்ளப் பெருக்கு ஏற்படாமையால் எலிகள் அழிக்கப்படுவதில்லை. பிறந்த குஞ்சுகளில் பல பெரும்பாலும் பிழைத்துக் கொள்கின்றன. இதனால் எலிகளின் இனக்கூட்டம் பல்கிப் பெருகுகிறது. வரட்சிக் காலங்களில் மாறுபட்ட உணவுகள் இவற்றின் வாழ்விற்குப் போதுமானவையாக இருக்கின்றன. வறட்சி முடிந்த பின்னர் மிகுதியான உணவு கிடைக்கும் நிலையில் இனப் பெருக்கத்தில் இவை முனைப்புடன் ஈடுபடுகின்றன. ஓர் இணை எலிகள் ஓராண்டிற்குள் ஏறத்தாழ 40,000 எலிகளைப் பெருக்கும் எனக் கண்டுள்ளனர். அடுத்த பருவத்தில் இவற்றின் பெருங்கூட்டம், அவை வாழும் எல்லையைக் கடந்து நாட்டின் பல பகுதிகளிலும் தலைப்படுகின்றன. எனவே, நாட்டின் பெரும்பகுதி பாழ்படுகின்றது. ஆண்டுதோறும் குறிப்பிட்ட பருவங்களில் ஜெர்பில்லிகள் மெடாட்டுகள் வயல் எலிகள் கொள்ளை நோயால் பாதிக்கப்படுவதோடு மனிதர்களுக்கும் இதனால் கேடு விளைவிக்கின்றன.

இந்தியாவிலும் பிற நாடுகளிலும் நெறிக்கட்டுக் கொள்ளைநோய் (bubonic plague) பல்லாயிரக்கணக்கான மனிதர்களைப் பலிகொண்டுள்ளது, இக்கொடிய கொள்ளை நோய் முக்கியமாக எலிகளுடனும் அவற்றைத் தாக்கும் குறிப்பிட்ட பூச்சிகளுடனும் தொடர்புடையதாகும். இயற்கையாகவே இந்நோய் எலிகளின் எண்ணிக்கையைக் குறைக்க குறிப்பிட்ட பருவங்களில் தோன்றி அவற்றின் இனக்கூட்டத்தை ஒரு கட்டுக்குள் வைத்திருக்க உதவுகின்றது. கொள்ளை நோய் கண்ட எலிகள் செத்ததும் அவற்றின் இரத்தத்தைக் குடித்த பூச்சிகள் இரத்தத்திற்காகப் பிற விலங்குகளை நாடும்போது அவையும் இந்நோயால் தாக்கப்படுகின்றன. குதிரை, நாய், பன்றி, குரங்கு போன்றவை தாக்கப்பட்டாலும் மனிதனே அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுகிறான். பொதுவான எலி-ராட்டஸ் ராட்டஸ், பழுப்பு நிற எலி, வீட்டு எலி போன்றவை நம் நாட்டில் கொள்ளை நோய் பரப்புவதற்குக் காரணமான முக்கிய இனங்களில் ஒருசிலவாகும். எலிக்கடிக் காய்ச்சல் என்னும் நோயையும் எலிகள் பரப்புகின்றன.

எலிகள் தாவர உண்ணிகளாக இருப்பதால் பயிர்வகைகளைப் பாழாக்குகின்றன. ஆனால்

வீட்டு எலி

இப் பழக்கங்களே இவை பிற ஊன் உண்ணிகளுக்கு இரையாகிவிடக் காரணமாக அமைகின்றன. பூனை, கீரி, பறவை, பாம்பு, போன்றவற்றால் இவற்றின் எண்ணிக்கை கட்டுப்படுத்தப் படாவிடில் நாட்டில் பல பகுதிகளில் மனிதன் வாழ முடியாத நிலை ஏற்பட்டுவிடும்.

எண்ணிக்கை பெருகும்போது எலிகள் அவற்றின் இனத்தையே தாக்கிக் கொன்று இரையாக்கிக் கொள்வதும் உண்டு.

பாலூட்டி வகையைச் சார்ந்த எல்லா ஒட்டுண்ணிகளையும்விட மனிதனுக்கு எலிகளும், சுண்டெலிகளுமே மிகுந்த தொல்லையையும், பயிர் அழிவையும் விளைவிக்கின்றன.

மெடாட் இனம் எனப்படுபவை மிருதுவான மென்மயிர் உடைய வயல் எலிகள், இந்திய முந்நீரகத்தின் மேற்கு, தெற்குப் பகுதிகளில் இவை மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இவை பெரிய உருண்டை வடிவக் காதுகள் உடையவை. பொதுவாக விளைச்சல் உள்ள வயல்வெளிப் பகுதிகளின் அருகிலும், அடர்த்தியான புதர்களருகிலும் காணப்படும். புதரின் வேர்களில், அல்லது புதர் வேலியின் அடியில் மிகச் சிறிய துளை செய்து வளையை அமைக்கும். பருத்திக்கும் நெல்லுக்கும் பேரிழப்பை விளைவிப்பதில் முதன்மையான இவை ஒருமுறையில் 6-8 குட்டிகளை ஈனும்.

வீட்டு எலி. இவற்றில் மூன்று வகை உண்டு. இராட்டஸ் இராட்டஸ் இராட்டஸ் (*Rattus rattus rattus*) இல் முதுகுப் பக்கம் குறுமென்மயிர் கறுப்பு நிறத்தோடும் வயிற்றுப் பக்கம் கறுத்த சாம்பல் நிறத்தோடும் காணப்படும். இராட்டஸ் இராட்டஸ் அலெக்சாண்டிரினிஸில் (*Rattus rattus alexandrinus*) முதுகுப் பக்கம் காவி கலந்த சாம்பல் நிறத்திலும், வயிற்றுப் பக்கம் மங்கலான நிறத்திலும் இருக்கும். இவ்வினம் மத்திய தரை நாடுகளில் காணப்படுகிறது. இராட்டஸ் இராட்டஸ் ஃப்ருஜிவோரஸ் (*Rattus rattus frugivorous*) என்னும் இனம் முதுகுப் பக்கத்தில் மஞ்சள் அல்லது சிவப்புக் காவி நிறத்தைக் கொண்டுள்ளது. வயிற்றுப் பக்கம் தூய வெள்ளை நிறம் காணப்படும். இவை நம் நகரங்களிலும் மாநகரங்களிலும் வீடுகள் நெருக்கமாக உள்ள பகுதிகளில் வாழ்கின்றன.

பழுப்புநிற எலி-இராட்டஸ் நார்வெஜிகஸ். (Brown Rat - *Rattus Norwegicus*). இது மத்திய ஆசியாவின் வெப்பப் பகுதிகளிலிருந்து உலகின் பல பகுதிகளுக்கும் பரவிய வகையாகும். தலையும் உடலும் சேர்ந்து 16-25 செ. மீ நீளமிருக்கும். வால் மட்டும் 15-18 செ. மீ. நீளம் இருக்கும். பெரிய நகரங்களில் இந்த எலி அங்கணத்திலும், (சாக்கடை) கழிவு நீர்க்கால் வாய்களிலும் காணப்படுகிறது. வெப்பமான சூழ்நிலைக் கேற்ப நீரின் அருகில் வாழ்வது மிகவும் அவசியமாகிறது.

இந்தியப் புதர் எலி. கோலுண்டா எல்லியோட்டி (*Golunda ellioti*). இது குட்டையான உருண்டை வடிவத்தலையையும், வட்டவடிவக் காதுகளையும், ஓரளவிற்கு மயிர்களுடன் கூடியவாலையும் கொண்டது

பழுப்புநிற எலி

இந்தியப் புதர் எலி

வெள்ளை வால் மர எலி

இந்திய ஜெர்பில்லி

முதுகுப் பக்கத்தில் சீராக அமையப்பெறாத மேல் மயிர் மஞ்சள் கலந்த காவி நிறத்தில் ஆனால் கறுப்பும் செம்மஞ்சளும் கலந்த நேர்த்தியான புள்ளி களைக் கொண்டதாக இருக்கும். இது இந்திய முந்நீரகத்தின் பெரும்பகுதி முழுதும் பரந்து காணப் படும். பெரும்பாலும் புதர்க்காடுகளிலும், காடுகளி லும் காணப்பட்டாலும் விளைநிலப் பகுதிக்கு அடிக் கடி வரும். அடர்த்தியாக வளர்ந்த புதர்களில் புல், நார் மெல்லிய குச்சி இவற்றால் ஆன நெருக்கமாகப் பின்னப்பட்ட கூட்டை அமைத்துக் கொள்ளும். இந்த எலி 10-12 செ.மீ. நீளமுடையதாக அதே அளவு நீளமுடைய வாலுடன் காணப்படும்.

வெள்ளை வால் மர எலி. (rattus blanfordi) 15-20 செ.மீ. நீளமுடைய இதன் வால் நிறம் மிகவும் தெளிவாக அமைந்திருக்கும். வாலின் நீளத்தில் முக்கால் பகுதி காவி நிறத்தில் உள்ளது. வாலின் நுனிப்பகுதி நீளமான வெண் மயிரால் போர்த்தப்பட்டிருக்கும். இது தெற்கு, மத்திய, கிழக்கு இந்தியப் பகுதியின் வறண்ட ஈரமான இலையுதிர்க் காடுகளிலும், எப்பொழுதும் பசுமையாக உள்ள காட்டு மண்டலங்களிலும் காணப்படும். காடுகளில் இது பெரும்பாலும் மரங்களிலேயே வாழ்கிறது. மரப் பொந்து அல்லது பிளவுகளில் பெரிய கூட்டை அமைத்துக் கொள்ளுகிறது. மரங் களற்ற திறந்த வெளிப் பகுதிகளில் குன்றுகளின் அடியிலும் புதர்களிலும் தங்கும் இடத்தைஅமைத்துக் கொள்ளும்.

ஜெர்பில்லி. இது மறிமான் எலி (**antelope rat**) என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. இந்திய ஜெர்பில்லிக்கு- டாட்டெரா இண்டிகா (Tatera indica) என்று பெயர். இமயம் முதல் குமரி வரை இந்தியாவின் அனைத்துப் பகுதிகளிலும், இலங்கையிலும் காணப்படுகிறது. வாலைக் கொண்டு எலியினின்று இதை எளிதில் அடையாளம் கண்டு கொள்ளலாம். இதன் வால், மயிரால் போர்த்தப்பட்ட நுனிக்குஞ்சத்துடன் tassel) இருக்கும். எலியின் பின் நுனிக்கால்கள் நீள மானவை. இப்பண்பு இதன் இயங்கும் தன்மையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. விரைவாக ஓடும்போது பலமுறை தாவியும் துள்ளியும் குதித்தும் செல்லும். இந்தியாவில் வாழும் ஜெர்பில்லிகள் பெரும்பாலும் பாலைவனப் பகுதிகளில் வாழ்கின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை இந்திய ஜெர்பில்லி, டாட்டெரா இண்டிகாவும், இந்தியப் பாலைவன ஜெர்பில்லியு மாகும். இரண்டிலும் இந்திய ஜெர்பில்லிதான் பெரியது. இது சிவப்புக்காவி நிறத்திலும், இளம் மஞ்சள் நிறம் அல்லது சாம்பல் நிறம் கலந்த பல நிறச் சாயலிலும் காணப்படும். டாட்டெரா இண்டிகா இந்திய முந்நீரகத்தின் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் வாழ்கிறது. வழக்கமாக ஒரு முறையில் 4-6 குஞ்சு களை ஈனுகின்றது.

-கே. கே. அருணாசலம்

எலிக் கட்டுப்பாடு

உலகில் ஏறத்தாழ 500 வகை எலிகள் உள்ளன. இந்தியாவில் காணப்படும் எலிகளை வீட்டு எலிகள், வயல் எலிகள் என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். வீட்டு எலிகளில் முக்கியமாக மூன்று துணை வகைகளும், வயல் எலிகளில் ஏறக்குறைய 110 துணை வகைகளும் உள்ளன.

ஒரு ஜோடி எலிகள் இனப்பெருக்கம் செய்து மூன்று ஆண்டுகளில் 35 கோடி எலிகளாகப் பெருகும். இவை ஆண்டொன்றுக்கு ஏறத்தாழ 2500 கோடி ரூபாய் மதிப்புள்ள 250 லட்சம் டன் உணவு தானியங்களை உண்டு அழிக்கின்றன. ஒவ்வோர் எலியும் சராசரியாக 30-60 கிராம் உணவு உண்கின்றது. அதாவது 30 எலிகள் ஒரு பசுமாட்டிற்குத் தேவையான தானியத்தை அழிக்கின்றன.

வாழ்க்கை முறை. எலிகள் 1-3 ஆண்டுகள் வரை உயிர் வாழ்கின்றன. இவை ஆண்டு முழுதும் இனப்பெருக்கம் செய்யக் கூடியன. பிறந்த 45 நாள்களிலேயே எலிகள் கருத்தரிக்கின்றன. கருத்தரித்த இருபத்தொன்றாம் நாளில் குட்டி போடுகின்றன. ஒரு தடவைக்கு 8-21 வீதம் குட்டிகள் ஒவ்வோர் ஆண்டும் நான்கு முதல் ஆறு முறைகள் குட்டி போடுகின்றன. பிறந்த 21 ஆம் நாளே எலிக்குட்டிகள் தனித்தியங்கும் தன்மை பெறுகின்றன. இவை உணவின்றி ஏழு நாளும், நீரின்றி இரண்டு நாளும் உயிருடன் இருக்க வல்லவை. வேகமாக ஓடும் நீரில் ஒரு கிலோ மீட்டர் தூரம் வரை எதிர்த்து நீந்தக் கூடியவை.

எலிகளுக்குப் பார்வைத் திறன் குறைவு. இதை ஈடு செய்யும் வகையில் மோப்பத் திறன், தொடு உணர்வு. கேட்கும் திறன் ஆகியவை மிகுதி. எலிகள் பொதுவாக இரவு நேரங்களிலேயே உணவு தேடிச் செல்லும். இருட்டிலும் தட்டுத் தடங்கலின்றி வழியறிய எலியின் மீசையும், உடல்மயிரும் உதவுகின்றன. உளி போன்ற முன்பற்கள் மாதத்திற்கு 1 செ. மீ. என்ற அளவில் ஆண்டொன்றுக்கு 12.5 செ.மீ. வரை வளரக் கூடியவை. எனவே பற்களின் வளர்ச்சியை ஒரு கட்டுக்குள் வைப்பதற்காகவே எலிகள் தொடர்ச்சியாக எதையேனும் கொறித்து அழிவைவிளைவிக்கின்றன.

வயல் எலிகளில் கரம்பெலி *(Bandicota bengalensis)* வெள்ளெலி *(Tatera indica)*, புல்லெலி *(Millardia)*

அட்டவணை

	கரம்பெலி	வெள்ளெலி	புல்எலி
வெளித்தோற்றம்	சாம்பல் கலந்த பழுப்பு நிறம்; வால் முடியற்றது, குறுகியது.	கவர்ச்சியான பழுப்பு நிறம்; வால்நுனியில் கொத்தான முடி	உடல் பழுப்புக் கலந்தசாம்பல்நிறம் வயிற்றின்அடிப் பகுதி வெண்மை நிறம்.
வளை, அதன் அமைப்பு	வயல் வரப்புகளிலும், சாகுபடியற்ற நேரத்தில் வயலின் உட்புறமும் காணப்படும். தப்பிச் செல்ல ஏதுவான ஒவ்வொரு வளையிலும் வெளித் துளைகள் இரண்டிலிருந்து ஆறு வரை இருக்கும்.	மணற்பாங்கான ஆற்றங்கரைகளிலும், தண்டவாளங்களினருகிலும் காணப்படும். நன்செய் நிலத்தில் காணப்படுவதில்லை. ஒன்று முதல் ஐந்து வரையான வெளித் துளைகள் காணப்படும்.	நெல் வயல்களில் மிகுதியாகக் காணப்படும். வெளித்துளைகள் ஒன்று முதல் மூன்று வரை உண்டு.
வாழும் முறை	வளைகளில் தனித்து வாழ்வன	கூட்டமாக வாழ்வன	கூட்டமாக வாழ்வன
இனப்பெருக்கக் காலம்	புரட்டாசி, மாசி,பங்குனி	பங்குனி	புரட்டாசி, மாசி, பங்குனி
ஓர் ஈற்றில் குட்டிகளின் எண்ணிக்கை	3 — 22 வரை	3 — 5 வரை	12 வரை

Meltada) ஆகிய இனங்கள் முக்கியமானவை. இவற்றைப் பற்றிய விவரங்கள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இவை தவிர நெல் வயல்களில் காணப்படும் சுண்டெலியும் தென்னந்தோப்புகளில் காணப்படும் எலிகளும் குறிப்பிடத்தக்கவை.

கட்டுப்படுத்தும் முறைகள்

எலிப்பொறிகள் வைத்தல். வில்வடி வமுள்ள மூங்கிலாலான இப்பொறியை வயலில் வரம்புகளினருகே ஊன்றி, மாலை நேரங்களில் பொறியின் இருபுறமும் பொரி போன்ற உணவுப் பொருள்களை இட்டு வைக்க வேண்டும். பொறியின் ஊடேசென்று மறு பக்கத்தில் உள்ள உணவை எடுக்க முயலும்போது எலிகள் பொறியின் குறுக்கே மாட்டிக்கொண்டு கழுத்து நெறிபட்டு மரணமடைகின்றன. ஓர் ஏக்கருக்கு 20 - 30 பொறிகள் தேவைப்படும்.

பானைப் பொறி. 8" விட்டமும் 6.5" உயரமும் உள்ள மண்பானையைச் சாய்த்து, தரையிலிருந்து மூன்று அங்குல உயரத்தில் மூன்று குச்சிகளின் மேல் வைக்க வேண்டும். அருகிலேயே தரையில் அப் பானைக்குச் சரியான மூடியைக் கவிழ்த்து வைக்க வேண்டும். பானையைச் சிறிது அசைத்தாலும் மூடியின் மேல்கவிழ்ந்து மூடிக்கொள்ளுமாறு அமைக்க வேண்டும். அரிசிப் பொரி அல்லது தேங்காய்த் துண்டுகளைப் பானையினுள்ளும், மூடியின் மீதும் வைக்கவேண்டும். எலி மூடியிலுள்ளதைத் தின்று விட்டுப் பானைக்குத்தாவும் போது பானை கவிழ்வதால் எலி உள்ளேயேமாட்டிக்கொள்ளும், ஓர் ஏக்கருக்கு 22-25 பானைகள் வரை தேவைப்படும்.

வளைகளைத் தோண்டி அழித்தல். எலியின் இனப் பெருக்கக் காலமான புரட்டாசி, தை, மாசி, பங்குனி மாதங்களில் எலிவளைகளைத் தோண்டி எலிகளைக் குட்டிகளுடன் ஒழிப்பது மிகவும் சிறந்தது. நெல் வயல்களில் அறுவடைக்குப்பின் பெருமளவில் எலிகள் வரப்புகளில்தான் காணப்படுகின்றன. வரப்புகள் காய்ந்து கெட்டியாவதற்கு முன், அதாவது அறுவடை முடித்து ஒருவாரம் அல்லது 10 நாள்களுக்குள் வரப்புகளை வெட்டி எலிகளையும், குட்டிகளையும் பிடிக்க வேண்டும். பயிற்சியளிக்கப்பட்ட நாய்கள் வளைகளில் எலிகள் இருப்பதைக் கண்டு கொள்ள உதவுகின்றன.

மருந்து மூலம் கட்டுப்படுத்தல். எலிகளை விரைவாக ஒழிக்க எலிக் கொல்லி வேதிப்பொருள்களைப் பயன்படுத்தலாம். இவற்றை உடன் கொல்லும் நச்சுகள் (acute poisons) காலந்தாழ்த்திக் கொல்லும் நச்சுகள் (slow acting poisons) என வகைப்படுத்தலாம்.

உடன் கொல்லும் நச்சுகள். சோடியம் ஃபுளுரோ அசெட்டேட், தாலியம் சல்ஃபேட், சிங்க் ஃபாஸ்ஃபைட், நார்புரோமைடு போன்ற வேதிப்பொருள்கள் இவ்வகையைச் சார்ந்தவை. மரணத்தை உண்டாக்கத் தேவையான அளவு மருந்தை ஒரே தடவையில் உணவோடு கலந்து கொடுக்கப்பட வேண்டும். இம்மருந்துகள் பின்வரும் இடர்களை விளைவிக்கின்றன; மிகுந்த நச்சுத்தன்மை கொண்டவையாதலால், மனிதர்கள், மிருகங்கள் போன்ற பிற உயிர்களுக்கும் ஆபத்தை விளைவிக்கக் கூடியவை.

மரணத்தை ஏற்படுத்தும் மருந்தின் அளவை ஒரே தடவையில் உணவுடன் கலப்பதால், எலிகளிடம் ஐயத்தை உண்டாக்கி, பொறி உணவுக் கூச்சத்தை (bait shyness) ஏற்படுத்துகின்றன. அதனால் எலிகள் நச்சு உணவை உண்ணாமல் விட்டுவிடும் வாய்ப்பு மிகுதி.

உடன் கொல்லும் நச்சுக்களில் துத்தநாக ஃபாஸ்ஃபைட் மிகுதியால் பயன்படுகிறது. இது கரிய நிறத் தூளாகும். ஒரு பங்கு மருந்தை 49 பங்கு பொறி உணவுடன் (பொறி, வறுத்த வெங்காயம், மீன், கருவாடு, வடை போன்றவற்றுடன்) சிறிதளவு தேங்காய் எண்ணெய் விட்டு நன்றாகக் கலந்து எலிகள் நடமாடுமிடங்களில் வைக்க வேண்டும். இது மிகவும் கொடிய நச்சுப் பொருள். அதனால் ஒரு குச்சி கொண்டுதான் இதை உணவுப் பொருளுடன் கலக்க வேண்டும். இவ்வாறு மருந்து கலந்த உணவை வைக்கும் முன் இரண்டு அல்லது மூன்று நாள்கள் நச்சுக் கலக்காத உணவினை வைத்து எலிகளுக்குப் பொறி உணவுண்ணும் பழக்கத்தை உண்டாக்க வேண்டும். இவ்வாறு செய்வதால் எலிகள் அந்த உணவை விரும்பி உண்ணத் தொடங்குகின்றன. மேலும் எலிகளின் நடமாடுமிடங்களையும், எண்ணிக்கையையும் கூட மதிப்பிடலாம். எவ்வளவு உணவை ஓர் இரவில் உண்ணுமோ அதைப் போல் இருமடங்கு நச்சுக்கலந்த பொறி உணவை வைக்க வேண்டும். துத்தநாக ஃபாஸ்ஃபைட் எலியின் இரைப்பையிலுள்ள ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்துடன் சேர்வதால் ஃபாஸ்ஃபின் என்னும் நச்சுப்புகை உண்டாகி எலி மரணமடைகின்றது. ஆனால் இம் மருந்தை வீட்டுக்கு வெளியேதான் பயன்படுத்த வேண்டும்.

காலந்தாழ்த்திக் கொல்லும் நச்சுகள். சிறிது சிறிதாகச் சில நாள்கள் சாப்பிட்டபின் மரணத்தை உண்டாக்கும் வார்ஃபரின், குமாரின், ராகுமின் போன்றவை இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை. இவை எலியின் இரத்தம் உறையும் தன்மையை நீக்கிச் செயல்படுகின்றன.

இரத்தத்தின் உறை திறனை நீக்கி, காலந் தாழ்த்திக் கொல்லும் நச்சுகள் மணமற்றவை. மரணத்தை உண்டாக்கத் தேவைப்படும் அளவு நச்சினைச் சிறிது சிறிதாக ஏறத்தாழ 5-7 நாள்கள் வரை பொறி உணவோடு கலந்து வைப்பதால்

எலிகள் அந்த உணவை ஒதுக்கிவிடுவதில்லை. எனவே இவற்றைப் பயன்படுத்துமுன் நச்சுக்கலக்காத உணவை வைத்து அதைத் தின்பதற்குப் பழக்கப் படுத்த வேண்டியதில்லை. இவ்வகை நச்சுகளுள் லார்ஃபரின் என்னும் மருந்து பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுகிறது. ஒரு பங்கு மருந்தை 19 பங்கு உணவுடன் கலந்து வைக்க வேண்டும். இரத்த நாளங்கள் வெடித்து ஏற்படும் இரத்த ஒழுக்கால் எலிகள் மரணமடைகின்றன. இம்மருந்தைச் சாப் பிடும் எலிகளுக்குத் தாகம் மிகுந்திருக்கும். எனவே நச்சுக்கலந்த உணவின் அருகிலேயே ஆழமில்லாத ஒரு தட்டில் நீரையும் வைத்தல் நலம். இவ்வகை நச்சு களை வீடுகளில் பயன்படுத்தலாம்.

நச்சுப்புகை மூலம் கொல்லுதல். ஹைட்ரஜன் சயனைடு போன்ற கொடிய நச்சு வளிமத்தை எலி வளையினுள் செலுத்தி எலிகளைக் கொல்லலாம். இம்மருந்து சோடியம் அல்லது கால்சியம் சயனை டாகத் தாள்வடிவில் கிடைக்கின்றது. நச்சு வளிமக் கருவி மூலம் புகையை உண்டாக்கி, அப்புகையை வளையினுள் செலுத்த வேண்டும். வெளித் துளைகள் அனைத்தையும் நன்றாக மூடிவிட வேண்டும்.

அலுமினியம் பாஸ்ஃபைட் என்ற புகை மருந்து, வில்லை வடிவில் தற்போது கிடைக்கின்றது. ஒரு வில்லையின் எடை 1.5-3 கிராம் ஆகும். இவ் வில்லைகளை வளையினுள் ஆழமாக இட்டுச் சிறி தளவு நீரையும் தெளித்து வெளித் துளைகள் அனைத்தையும் மூடிவிட வேண்டும். ஏறத்தாழ முப்பது நிமிடங்களில் பாஸ்ஃபின் வளிமம் உண்டாகி எலிகளைக் கொல்லும். ஒரு வளைக்கு ஒரு வில்லை போதும்.

எலிகளை விரட்டுதல். டியூரோ ஃபேஸ்-3 என்னும் எண்ணெய் போன்ற வழவழப்பான மருந்தைத் தானியங்களைச் சேமிக்க உதவும் சாக்குப் பைகள், பீப்பாய்கள் மேல் ஒரு சதுர அடிக்கு இரண்டு மில்லி மருந்து என்ற அளவில் தெளிப்பதன் மூலம் இவற்றை எலிகள் நெருங்கவிடாமல் செய்யலாம். நுண் திவலைகளாகச் சாக்குகளின் மேல் தங்கும் இம் மருந்து சிறிது சிறிதாக ஆவியாகி 3-4 மாதம் வரை எலிகளை விரட்டும் தன்மை உடையது.

- டி. குமாரசாமி

எலும்பியல்

முதுகெலும்புடைய விலங்குகளின் அகச்சட்டகம் எலும்பாலானது. எலும்பாக்கம், எலும்பு வளர்ச்சி, கட்டமைப்பு, செயல்பாடு ஆகியவற்றை விளக்குவது எலும்பியல் (osteology) ஆகும். பலவகைப்பட்ட எலும்புகள் (குருத்தெலும்புகள்) நார்க்கட்டுகள், தசை நாண்கள் ஆகியவற்றால் இணைக்கப்பட்ட அமைப்புக்கு எலும்புக்கூடு என்று பெயர். இவ்வாறு இணைக்கப்பட்ட எலும்புகள் உடலுக்கு உருவம் கொடுப்பதுடன், உடல் பகுதிகள் இயங்குவதற்கு மூட்டுகள் (joints) நெம்புகோலாகவும் பயன்படுகின் றன. மேலும் மூளை, தண்டுவடம், கண்கள், இதயம் போன்ற மிக முக்கிய உறுப்புகளைப் பாதுகாக்கவும் பயன்படுகின்றன. இரத்த அணுக்கள் எலும்பினுள் இருக்கும் மஜ்ஜையில்தான் (bone marrow) உற்பத்தி யாகின்றன.

முதுகெலும்பிகளில் இந்த அகச்சட்டகத்துடன் தோலும் அதில் உண்டாகும் செதில், இறகு, மயிர், குளம்பு, கொம்பு, நகம் போன்ற புறச்சட்டகமும் உள்ளன. முதுகெலும்பற்ற கணுக்காலி, மெல்லுடலி, முள்தோலி முதலியவற்றில் உடலுக்கு வெளியே கைட்டின் (chitin), கால்சியத்தாலான ஓடு எனும் புறச்சட்டகங்கள் உள்ளன. படிமலர்ச்சி வரலாற்றில் புறச்சட்டகமே முதலில் தோன்றியது. குருத்தெலும்பு, எலும்பு இவற்றாலான அகச்சட்டகம் பின்னரே தோன்றியது.

உருவமைப்பைக் கொண்டு எலும்புகள், நீண்ட எலும்பு, குட்டை எலும்பு, தட்டை எலும்பு, வளைவு எலும்பு என நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கப் பட்டுள்ளன. நீண்ட எலும்புகள் கை, கால்களில் உள்ளன. இவை உடலின் மேற்பகுதியின் சுமையைத் தாங்குகின்றன. உடல் இயக்கத்திற்கும், பொருள் களைப் பற்றுவதற்கும் பயன்படுகின்றன. இச்செயல் களுக்கேற்ப இவ்வெலும்புகளும் அவற்றுடன் சேர்ந் துள்ள தசைகளும் வலிவுடைய நெம்புகோல் முறை களில் அமைந்துள்ளன. மணிக்கட்டு, கணுக்கால்களில் குட்டை எலும்புகள் உள்ளன. நெருக்கமும், மீள்சக்தி யும், குறைந்த அளவுடைய இயக்கமும் தேவைப்படும் உடற்பகுதிகளில் இவை இருக்கின்றன. தட்டை எலும்புகள் உடலுள்ளுறுப்புகளுக்குப் பாதுகாப்பளிப்ப துடன் தசைப்பிணிப்பிற்கு வேண்டிய மிகு மேற் பரப்பையும் பெற்றுள்ளன. தோள்பட்டை எலும்பு, இடுப்பெலும்பு, மண்டை எலும்புகள் இவ்வகையைச் சாரும். வளைவு எலும்புகள் சிக்கலான பல வடிவுடையவை. முதுகெலும்பிலுள்ள முள்ளெலும்பு களும் (vertebrae) தலையிலுள்ள சில எலும்புகளும் இவ்வகையைச் சார்ந்தவை.

இயல்பாக எலும்பின் மேல் மேடுபள்ளம் இருக் கும். மேடுகள் முகடு (crest), கூர்முனைமுள் (spine), நீட்சி (process), சிறுபுடைப்பு (tubercle) என்று பலவகைப்படும். தசைகள் தொடங்குவதற்கும், பொருந்துவதற்கும் ஏற்ற இடங்களாக இவை அமைந்துள்ளன. தசை நாண் (tendon), இரத்தக் குழாய், நரம்பு ஆகியவை உள்ளடங்கிப் படிந்து செல்வதற்கு ஏற்றவாறு எலும்பின்மேல் நீண்ட பள்ளம் காணப்படும். எலும்பின் வழியாக நரம்பு களும் இரத்தக் குழாய்களும் செல்வதற்குத் துளை கள் (foramen) உள்ளன.

நீண்ட எலும்பு, குட்டை எலும்பு ஆகியவற்றின் முனைகள் குருத்தெலும்பால் (cartilage) மூடப்பட்டுள்ளன. இவை மூட்டுகளுக்குள் (joints) அமைந்துள்ளன. குருத்தெலும்பு அமைந்துள்ள மூட்டுப் பரப்பைத் தவிர எலும்பு முனையின் பிற பகுதிகள் அனைத்தையும் உறுதியானதும், நார் போன்றதும், இரத்தக் குழாய்கள் செறிந்ததுமான நார்ப்படலமாக எலும்புறை (periosteum) மூடியுள்ளது. இவ்வெலும்புறை எலும்புடன் பிணிக்கப்படும் தசை நாண், கட்டு ஆகியவற்றுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது. எலும்புகளின் மேலடுக்கு உறுதியான அடர்த்தி எலும்பால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் கனம் வெவ்வேறு எலும்புகளிலும், ஒரே எலும்பின் வெவ்வேறு இடங்களிலும் மாறுபட்டுக் காணப்படும். அடர்த்தியான இந்த எலும்புப்படலத்திற்கு உள்ளே கடற்பஞ்சு போன்ற அமைப்புடைய எலும்புத்தகடுகளும், எலும்புக்குழாய்களும் கொண்ட புரையெலும்பு (cancellous bone) உள்ளது. புரையெலும்பு நீண்ட எலும்புகளின் அகன்ற முனைகளிலும், குட்டையான வளைவான எலும்புகளிலும் மிகுதியாகக்காணப்படும். இப்புரையெலும்பிற்குள் எலும்பு மஜ்ஜை உள்ளது. எலும்புக்குத் தகைவு அழுத்தம் ஏற்படும் இடங்களில் அவற்றைத் தாங்குவதற்கேற்றவாறு புரை எலும்பிலுள்ள எலும்புத் தகடுகள் செங்குத்தாகவும், சாய்வாகவும், வளைவாகவும் அமைந்துள்ளன.

நீண்ட எலும்பின் நடுப்பகுதியான எலும்புத் தண்டு குழாயாக இருக்கும். மஜ்ஜை நிரம்பியுள்ள இவ்வறைக்கு மஜ்ஜையறை என்று பெயர். தமனிகள் துளைவழியாக இந்த அறைக்குள் நுழைகின்றன. இந்தத் துளைக்கு ஊட்டத்துளை (nutrient foramen) என்றும் உட்செல்லும் தமனிக்கு ஊட்டத்தமனி என்றும் பெயர். மண்டையோட்டின் தட்டை எலும்புகளின் உட்பரப்பிலும், வெளிப்பரப்பிலும் அடர் எலும்பான தகடுகள் உள்ளன. இத்தகடுகளின் நடுவே புரையெலும்பு சல்லடை போன்றிருக்கும்.

மண்டையோட்டின் சில பகுதியில் புரையெலும்புக்குப் பதிலாகக் காற்றறைகள் (sinuses) இருக்கும். ஆனால் குழந்தை பிறக்கும்போது இல்லாமல் பிறந்த சில மாதங்களில் இவை வளர்கின்றன. பிள்ளைப் பருவத்தில் வளர்ச்சி முற்றுப்பெறுகிறது. குழந்தை பிறக்கும்போது நீண்ட எலும்புகளில் சிவப்பாக இருக்கும் மஜ்ஜை நாளடைவில் கொழுப்பு நிறைந்த மஞ்சளாக மாறுகிறது.

தொடக்கத்தில் தனித்தனியாக இருக்கும் சில சிற்றெலும்புகள் நாளடைவில் ஒன்றாக இணைந்து விடுவதால் எலும்புக்கூட்டிலுள்ள எலும்புகளின் எண்ணிக்கை வயதிற்கேற்ப மாறுபடுகிறது. நடுத்தர வயதில் ஒருவரின் உடலில் உள்ள எலும்புகளின் எண்ணிக்கை பின்வருமாறு இருக்கும்.

அச்சு எலும்புகள்	எலும்புகளின் எண்ணிக்கை
1. முதுகெலும்புத் தொடர்	26
2. தலை யெலும்புகள்	29
3. விலா எலும்புகள், மார்பெலும்பு	25
சேர்க்கை (தொங்கு) எலும்புகள்	
4. கை எலும்புகள்	64
5. கால் எலும்புகள்	62

எலும்பாக்கம். சில எலும்புகள் உடலிலுள்ள சில சவ்வுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு உண்டாவதால் அவை சவ்வெலும்புகள் எனப்படும் மண்டையோட்டு எலும்புகளில் பல இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. பெரும்பாலான எலும்புகள் குருத்தெலும்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு உண்டாகின்றன. எலும்புக் கூட்டின் பல பகுதிகள் கருவில்குருத்தெலும்பாகவே உள்ளன. நாளடைவில் படியும் கால்சியம் உப்பால் அவை எலும்பாக மாறுகின்றன. இம்முறைக்கு எலும்பாக்கம் (ossification) என்று பெயர். முதிர்ந்த எலும்புகளின் மூட்டுப்பரப்புகளில் மட்டும் குருத்தெலும்புகள், முதலில் தோன்றியபோது இருந்தவாறே மாறாமல் இருக்கின்றன. இளம் எலும்புகளின் முனை வளர்ச்சியை நடுப்பகுதிகளுடன் இணைக்கும் இடங்களிலும் இந்த முதற்குருத்தெலும்புகள் இருக்கின்றன. சில எலும்புகளின் முக்கியமான பகுதியில் தனியாக வளர்ந்து பிறகு அதனுடன் கூடும் பகுதிகள் முனை எலும்புகள் (epiphyses) எனப்படும்.

எலும்பமைப்புத் தொடங்கும் இடம் எலும்பாக்க மையம் எனப்படுகிறது. ஓர் எலும்புக்குப் பல மையங்கள் இருக்கலாம். குருத்தெலும்பில் தோன்றும் எலும்புகள் பல மையங்களைக் கொண்டவை. எலும்பு மையங்கள் முதன்மை மையங்கள் துணை மையங்கள் என இருவகைப்படும். முதன்மை மையம் என்பது கருக்காலத்தில் 7-8 வாரத்தில் தோன்றும். துணை மையங்கள் குழந்தை பிறந்த பிறகு உண்டாகின்றன. எலும்பின் பெரும்பாகம் முதன்மை மையத்திலிருந்தே உண்டாகிறது. எலும்பின் முகடு, முள், சிறுபுடைப்பு போன்ற பகுதிகள் துணைமையங்களிலிருந்தே வளர்கின்றன. முனை எலும்புகளும் துணை மையங்களிலிருந்தே உண்டாகின்றன. முனை எலும்புகள் தொடக்கத்தில் தனித்தனியாக இருந்தாலும் வயது வளர வளர எலும்புத்தண்டுடன் சேர்ந்து விடுகின்றன. தொடை எலும்பின் முனை எலும்பு ஒரே மையத்திலிருந்து தோன்றுகிறது. ஆனால் மேற்கை எலும்பின் முனை எலும்பு பல மையங்களிலிருந்து

தோன்றிப் பிறகு ஒன்றுபடுகிறது. நீண்ட எலும்பு களின் முனைகள், தட்டை எலும்புகளின் விளிம்பு கள், சிறுபுடைப்புகள், முள்கள் ஆகியவை தனித்தனி முனையெலும்புகளால் தொப்பிபோல் மூடப்பட் டுள்ளன ஆண்களை விடப் பெண்களில் எலும் பாக்கம் விரைவில் நடைபெறுகிறது. எலும்பாக்க மையங்கள் தோன்றும் காலம், பிற எலும்புகளின் வளர்ச்சி முறை என்பவை அவரவர் ஊட்டச்சத்து, உடல் நலம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமையும்.

முனை எலும்பு மையங்கள் (epiphyseal centre) தோன்றும் காலமும், எலும்புத்தண்டுடன் அவை இணையுங் காலமும் பின்வரும் விதிகளுக்கேற்ப அமையும்: ஒரு நீண்ட எலும்பின் முனைகளில் எலும்பாக்க மையம் எங்கு கடைசியாகத் தோன் றிற்றோ அந்த முனையெலும்பே எலும்புத் தண்டோடு முதலில் இணையும்.

ஓர் எலும்பின் இரு முனைகளில் எந்த முனையை நோக்கி ஊட்டத்தமனி செல்லுகிறதோ அந்த முனை எலும்புத்தண்டுடன் முதலில் இணையும். முனை யெலும்புச் சந்திப்பிலிருக்கும் குருத்தெலும்புகளி லிருந்து நீண்ட எலும்புகளின் வளர்ச்சி ஏற்படுகிறது. கடைசியாக இணையும் முனையெலும்பில் வளர்ச்சி விரைவாகவும் நீண்ட காலமும் நடக்கும். மிகு விரைவாக வளரும் முனையின் பக்கமாக ஊட்டத் தமனி இழுக்கப்படுவதால் தமனிப்பாதை சாய்வாகச் செல்கிறது. ஒரே ஒரு முனையுடைய எலும்பிலிருந்து முனையெலும்பில்லாத பக்கத்திற்கு வளர்ச்சித்தமனி செல்லும்.

ஒரு முனையெலும்பு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மையங்களில் உருவாகுமானால், அவ்வாறு உருவாகும் பகுதிகளனைத்தும் ஒன்றுசேர்ந்த பிறகே எலும்புத் தண்டுடன் இணையும். எ. கா. மேற்கை எலும்பின் மேல்முனை.

நீண்ட எலும்புகளின் வளர்ச்சி எலும்புத்தண் டிற்கும், முனையெலும்பிற்கும் இடையிலுள்ள குருத் தெலும்பிணைப்பில் நிகழ்கிறது. எலும்பறையின் உள்ளடுக்குகளில் கால்சியம் உப்பு மிகுதியாகப் படிவதால் எலும்பு கனமாக வளரும். எலும்புத் தண்டின் உள்சுவர் கரைந்து கொண்டே வந்தால் மஜ்ஜையறை பெரிதாகிக் கொண்டே வரும். எலும்பு நீளத்திலும் கனத்திலும் வளர்வதும், அதன் மஜ்ஜை யறை பெரிதாவதும் ஒரே சமயத்தில் நிகழும் செயல் களாகும்.

-கே. கே. அருணாசலம்

எலும்பிளக்கி நோய் (கால்நடை)

இது வளர்ந்த கால்நடைகளின் எலும்பைத் தாக்கும் நோயாகும். இந்நோய் இரத்தத்தில் வைட்டமின் D ஃபாஸ்ஃபரஸ் சத்து அல்லது இவ்விரு சத்துக் குறைவால் உண்டாகிறது. கால்நடைகளின் உணவில் ஊட்டப்பொருள்கள் குறைந்திருந்தாலோ, இப் பொருள்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஏற்படும் ஏற்றத்தாழ்வுகளின் விளைவாகவோ இந்நிலை ஏற்படலாம். இந்நோய் மண்ணில் ஃபாஸ்ஃபரஸ் சத்துக் குறைவாக உள்ள பகுதிகளில் வளரும் கால் நடைகளிடம் காணப்படுகிறது. சினைப்பருவத்திலும், பால் கறக்கும் காலத்திலும் மாடுகளின் எலும்பி லிருந்து ஊட்டப்பொருள்கள் உறிஞ்சப்படுவதால் மாடுகள் இந்நோய்க்கு இலக்காக நேரிடலாம். மற்றும் ஃபாஸ்ஃபரஸ் சத்தின் வளர்சிதை மாற்றத் தைப் பாதிக்கக்கூடிய வயிற்றுக்கோளாறு, கல்லீரல், சிறு நீரக நோய் ஆகியவையும் இந்நோய் உண்டாக வேறு காரணங்களாகின்றன.

அறிகுறி. இந்நோயால் தாக்கப்பட்ட கால் நடைகளின் பெரிய எலும்புகள், மார்பு எலும்புகள், முதுகெலும்புகளின் முள் ஆகியவை உருமாறியும் வளைந்தும் காணப்படும். எலும்பிலும் மூட்டுகளிலும் வலி இருக்கும். எலும்புகள் எளிதில் உடையும் தன்மை கொண்டிருக்கும். இந்த நோயுடைய கால் நடைகள் மாறி மாறி நொண்டும்; நடக்கும்போது எலும்பு நொறுங்குவது போன்ற ஒலி ஏற்படும். முதுகு வளைந்திருக்கும். பின்கால்களின் ஹாக் மூட்டுப் பாதிக்கப்பட்டு, உட்பக்கமாக வளைந்து காணப்படும். நடப்பதற்கு விருப்பம் இல்லாமலும், நீண்டநேரம் படுத்துக்கொண்டும் இருக்கும். இடுப் பெலும்பு தாக்கமுற்ற மாடுகள் கன்றுபோடச் சிரமப் படும். பால் உற்பத்தி குறைதல், சினைப்படாமை, கல் மண் போன்ற பொருள்களை நக்குதல், உடம்பு மெலிந்திருத்தல் போன்றவை இந்நோயின் முதல் நிலையில் காணப்படும். இறுதியில் மாடு படுத்துக் கொண்டேயிருந்து சாப்பிட முடியாமல் இறந்துவிடும்.

இந்நோயை அறிகுறிகள் மூலமாகவும், கதிர் வீச்சு முறைகளாலும் எளிதில் அறியலாம்.

மருத்துவம். கால்நடைகளின் உடலில் எந்தச் சத்துப் பொருள் குறைவாக உள்ளதோ அதைக் கண்டறிந்து அச்சத்துள்ள தீனியைக் கொடுக்க வேண் டும். சுண்ணாம்புச் சத்து, ஃபாஸ்ஃபரஸ்சத்து, வைட்டமின் D ஆகியவை ஏற்ற விகிதத்தில் கால் நடைகளின் உணவில் தரப்படவேண்டும்.

-இரா. சீனிவாசன்

எலும்பு

முதுகெலும்புள்ளவற்றின் மென்மையான தசை, நரம்பு முதலிய திசுக்களுக்கும், மூளை, கண், இதயம் போன்ற உறுப்புகளுக்கும் பற்றுக்கோடாகவும், பாதுகாப்பாகவும் உள்ள உறுதியான அகச்சட்டகத் திற்கு எலும்புக்கூடு என்று பெயர். உறுதியான பல

தனிப்பகுதிகள் அல்லது எலும்புகள் தசைநாண்களால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மனித உடலில் 206 எலும்புகள் உள்ளதென அறியப்பட்டுள்ளது.

உடலுக்கு வடிவத்தையும் கட்டமைப்பையும் தருவதோடு, பற்றுக்கோடாகவும் எலும்புகள் உள்ளன. மேலும் மென்மையும் நுட்பமும் வாய்ந்த உறுப்புகளுக்குக் காப்பாகவும் உள்ளன. தசைகள் பொருந்தும் இடமாகவும், உடற்பகுதிகள் இயங்க நெம்புகோல்களாகவும் எலும்புகள் பயன்படுகின்றன. எலும்பு மஜ்ஜையில் புதிய இரத்த அணுக்கள் உற்பத்தியாகின்றன.

எலும்பு, அதன் தோற்ற முறையால் இரு வகைப்படும். உடலிலுள்ள சில சவ்வுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு தோன்றும் எலும்புகளுக்குச் சவ்வெலும்புகள் எனப் பெயர். மண்டையோட்டு எலும்புகளில் பல இவ்வகையைச் சார்ந்தவை. பெரும்பாலான எலும்புகள் குருத்தெலும்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டவை. இவற்றிற்குக் குருத்தெலும்புகள் எனப்பெயர், காண்க, எலும்பியல்.

எலும்பின் அமைப்பு. எலும்பின் அமைப்பில் இரண்டு வகை உண்டு. ஒன்று அடர்த்தியானது, கெட்டியானது; மற்றொன்று கடற்பஞ்சு போன்று புரைகளுடையது. அடர் எலும்பு புறத்திலும், புரை எலும்பு அகத்திலும் இருக்கும். இவ்விருவகைத் திசுக்களின் அளவும், தன்மையும் அவை இருக்கும் இடம், செய்யும் பணிகளைப் பொறுத்து மாறுபடும். கை, கால்களிலுள்ள நீண்ட எலும்புகளில் புரை எலும்பு இருமுனைகளிலுமிருக்கும். ஓரெலும்பு மற்றொன்றுடன் ஒரு மூட்டில் பொருந்தும். தலை எலும்புகளில் சில புரையெலும்பிற்குப் பதிலாகக் காற்று நிறைந்த சிற்றறைகள் இருக்கும். யானையின் மிகப்பெரிய தலையில் இத்தகைய காற்று நிறைந்த சிற்றறைகள் இருப்பதால்தான் தலையின் கனம் குறைந்து யானை தலையைத் தூக்கி நன்கு நடைபோடுகிறது. எலும்புறை நார்ச்சவ்வினாலானது. இவ்வுறை வழியாக இரத்தக்குழாய்கள் எலும்புக்குள் செல்கின்றன. எலும்புறையின் உட்புற அடுக்கில் உள்ள செல்கள் புதிய எலும்புப்பொருளை உண்டாக்க வல்லவை. நீண்ட எலும்புகளின் உட்பகுதி குழாயாக இருக்கும். அதில் சிவப்பு அல்லது மஞ்சள் மஜ்ஜை இருக்கும். இரத்தக்குழாய் நிறைந்த பகுதி புரதம், கொழுப்பு, இரும்புச்சத்துக் கலந்த பொருள் ஆகியவை இங்கு உள்ளன. எலும்புக்கு இரத்தம், நிணநீர், நரம்பு ஆகியவை வருகின்றன. எலும்பும் ஓர் உயிர்த்திசுவாதலால், மாறாதது போலத் தோன்றினாலும், அது பல மாறுதல்களடைந்து கொண்டே இருக்கும்.

எலும்பின் தன்மை. ஆட்டின் காலெலும்பு அல்லது பழுவெலும்பு (nib) ஒன்றை, நீர்த்த அமிலத்தில் சில நாள் வைத்திருந்தால் அதன் வடிவம் முன்போலவே இருந்தாலும் எடை குறைந்து தோன்றும். எலும்பும் மென்மையாக மாறிவிடும். அதை வளைக்கவோ, முறுக்கவோ இயலும். ஓர் எலும்பைத் தீயிலிட்டு 3-4 மணி நேரம் சுட்டால் அது முதலில் சற்றுக் கருமையாகிப் பின் வெண்மையாக மாறும் என்றாலும் வடிவம் முன்போலவே இருக்கும். ஆனால் அதைத் தொட்டு அழுத்தினால் எளிதில் ஒடிந்து தூளாகி விடும். எடையும் சற்றுக் குறைந்திருக்கும்.

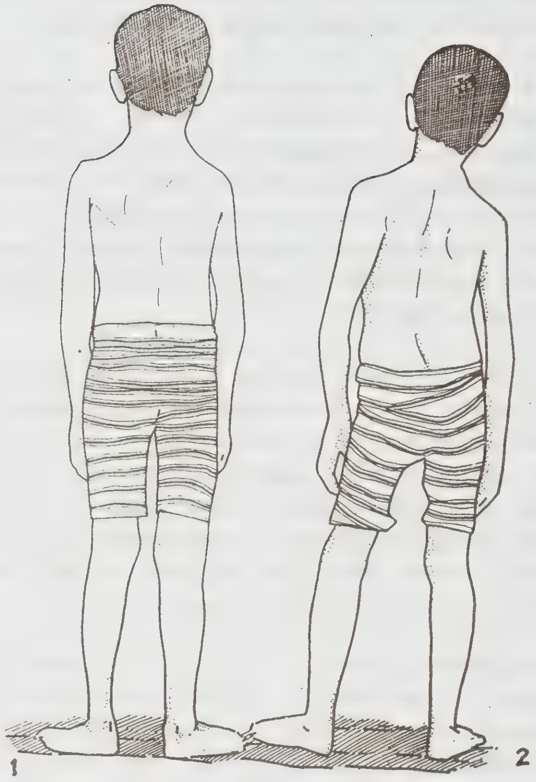
மேற்கூறிய செய்முறைகளிலிருந்து எலும்பில் இரண்டு வகைப்பொருள்கள் உள்ளன என்பது தெரிகிறது. ஒன்று அமிலத்தில் கரையும் கனிமப் பொருள் மற்றொன்று தீயில் எரிந்து சாம்பலாகும் கரிமப்பொருள். இது கனிமப் பொருளைப் பிணைத்து எலும்புக்குத் திண்மையையும், கடினத்தன்மையையும் மீள்சக்தியையும் கொடுக்கிறது. முதற்செய்முறையில் அமிலம் கனிமப் பொருளைக் கரைத்துவிட்டது. அடுத்ததில் தீ கரிமப்பொருளை எரித்து விட்டது. எலும்பில் மூன்றில் இரண்டு பங்கு கால்சியம் பாஸ்ஃபேட் என்னும் சுண்ணாம்புச்சத்தும் (கனிமப் பொருள்) ஒரு பங்கு கரிமப்பொருளும் உள்ளன. இளமையில் கரிமப்பொருளின் விகிதம் மிகுதியாகவும், நடுத்தர வயதில் கனிமப்பொருளின் விகிதம் பெருகியும், முதுமையில் கனிமப்பொருள் விகிதம் மிகுந்தும், கரிமப்பொருள் மிகக் குறைந்துமிருப்பதால் எலும்பு எளிதில் முறியும் தன்மையடைகிறது. முறிந்த எலும்பு விரைவில் கூடுவதற்குப் பல நாள் ஆகலாம். இளமையில் எலும்பில் கரிமப் பொருள் விகிதம் மிகுதியாக இருப்பதால் எலும்பு எளிதில் முறிவதில்லை. முறிந்தாலும் விரைவில் ஒன்றாகி விடுகிறது. விபத்துகள் நேர்ந்தால் குழந்தைகளிடம் எலும்பு வளைந்து வடிவம் மாறிக் கோணலாகி விட வாய்ப்புண்டு.

எலும்பின் நலவாழ்வு. எலும்பு உறுதியுடனும் நலத்துடனுமிருக்கத் தூய்மையான இரத்தம் தேவை. மூச்சுவிடுதற்குத் தூய காற்று இருந்தால் இரத்தம் விரைவில் தூய்மையாகும். சத்துள்ள உணவும், வைட்டமின்களும் எலும்பின் வளர்ச்சிக்கும் உறுதிக்கும் தேவை. எலும்பின் பெரும்பகுதி கால்சிய உப்புக்களாலானதால், கால்சியச் சத்துகள் வளரும் குழந்தைகளின் உணவில் தேவையான அளவு இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். உடல் நலத்துக்குத் தேவையான கால்சியம் எலும்பில் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. உணவில் கால்சியம் அதிகம் இல்லாதபோதோ, சில நோய்கள் ஏற்பட்டாலோ, எலும்பில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள கால்சியம் கரைந்து உடலுக்குப் பயன்படுகிறது. எலும்பின் பல பணிகளில் தேவைக்கு மேல் வரும் கால்சியத்தைத் தேக்கிவைப்பதும் ஒன்றாகும். உணவில்

வைட்டமின் D குறைவானால் எலும்பு நன்கு வளராமலும், உரம் பெறாமலும் மென்மை ஆகிவிடும். இதனால் ரிக்கெட்ஸ் என்னும் கணை நோய் உண்டாகும். இந்நோய் வந்தால் எலும்பின் வடிவமைப்பு மாறி உடல் அருவெறுப்புடன் தோன்றும். புகையிலை, சாராயம், அபின் போன்ற போதைப் பொருள்களால் எலும்பின் நலம் கெடும்.

வளரும் பருவத்தில் எலும்புக்கூடு செம்மையாகவும் சமமாகவும் இருக்க உடற்பயிற்சி செய்வதும் இயல்பாக நிற்கும் போதும் நடக்கும் போதும் நல்ல நிலையைப் பின்பற்றுவதும் மிகவும் அவசியம். இம் முறையைப் பின்பற்றாவிடில் கூன், முடம் போன்ற ஊனங்கள் ஏற்படலாம். இளமைக்காலத்தில் எலும்பு எளிதில் வளையுமாதலால் எலும்பு வளர்ச்சிக்கோ அமைப்புக்கோ நலம் தரும் பயிற்சிகளை அப்பருவத்தில் மேற்கொள்வது நல்லது. ஓரெலும்புக்கு ஒரே திசையில் எப்போதும் அழுத்தம் ஏற்பட்டுக் கொண்டிருந்தால் அவ்வெலும்பு சிறிது வளைந்து கோணலாகலாம். இவ்விதமான அழுத்தமும், தவறான நிலைகளில் நிற்பதும், உடம்பை இறுக்கும் உடை அணிவதும், உடலில் சில தசைகளுக்கு மட்டும் அளவுக்கு மீறிய வேலை கொடுப்பதும், உடலின் சமநிலைக்குச் சீர்கேட்டை விளைவிக்கும். அச் சமநிலையை உண்டாக்கக்கூடிய வேறு சில தசைகளுக்கு வேலையே கொடுக்காமலிருந்தாலும் ஊனம் ஏற்படலாம்.

முதுகுத்தண்டின் கழுத்து, இடை ஆகிய பகுதிகளில் இரண்டு முன்வளைவுகளும் மார்பு, பிட்டம் ஆகிய பகுதிகளில் இரண்டு பின் வளைவுகளும் உள்ளன. இவ்வாறு இரு பகுதிகளிலும் முன்பின் வளைந்திருப்பதால் முதுகுத்தண்டு ஒரு வில் போல அமைந்து நடப்பது, குதிப்பது, ஓடுவ்து முதலியவற்றால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி, தலை மூளை முதலியவற்றைத் தாக்காமல் காக்கின்றது. இவ் வளைவுகள் முதுகுத்தண்டிற்கு மீள்சக்தியையும் அளிக்கின்றன. உடலின் அமைப்புக்கும் அழகூட்டுகின்றன. ஆனால் மார்புப்பகுதியில் முதுகுப்புறம் அதிகமாக வளைந்துவிட்டால் அதைக் கூன் என்பர். இது முதுமையில் இயல்பாக உண்டாவதோடு பெரும்பாலும் நின்றுகொண்டோ அமர்ந்துகொண்டோ வேலை செய்வோர் முன்னுக்கு வளைந்துகொண்டே இருப்பதாலும் நாற்காலியில் உட்காருவோர் முன்னுக்கு வளைந்து உட்காருவதாலும், முன்னால் மிகவும் தாழ்வான பலகை, மேசை முதலியவற்றில் எழுத வளைந்து உட்காருவதாலும், மண்வெட்டுதல், களை பறித்தல், நாற்று நடுதல், நெல்லரித்தல் முதலியவற்றில் வளைந்தே வேலை செய்வதாலும், முதுகுத் தசை வலிமை குன்றுவதாலும், தலையை முன்னுக்கு வளைத்துக் குனிந்தே நடப்பதாலும் எந்த வயதிலும் இத்தகைய கூன் ஏற்பட வாய்ப்பு உண்டு. முள்ளந்தண்டின் பின்புறத்தில் நன்கு இறுகப் பிணைந்திருக்கும் தசை நாண்கள்



நிற்கும் நிலை

1. சரியான முறை 2. தவறான முறை

பலமுறை இழுக்கப்படுவதால் அவை தளர்ந்து நீண்டு விடுகின்றன. முள்ளெலும்புகளுக்கிடையே உள்ள நார்க்குருத்தெலும்பு வில்லைகள் முன்பக்கமே அழுந்தியழுந்தி, அப்பக்கம் ஆப்புவடிவமாகி விடக்கூடும். கூன் ஏற்பட இவையும் காரணமாகலாம். முதுகுத்தண்டு உடலை வளைப்பதற்கும் முறுக்கித் திருப்புவதற்கும் ஏற்ப அமைந்திருப்பது பல வழிகளில் நன்மையாயிருந்தாலும் கூன் போன்ற குறைகளும் எளிதாக ஏற்பட ஏதுவாகிறது. கூன் விழுந்தவர்களின் மார்பு தட்டையாகிவிடுவதால் மூச்சு இழுத்தல் மேலாகவே நடக்கும். இதுவும் உடல்நலத்துக்குக் கேடு விளைக்கும்.

பெரும்பாலான மனிதர்கள் வலக்கையையே மிகுதியாகப் பயன்படுத்துவதால் முதுகுத்தண்டின் மார்புப்பகுதி நேர் செங்குத்தாக இராமல் இடப்பக்கம் சிறிது வளைந்திருக்கும். இதைச் சமன் செய்ய இடப்பகுதியில் சிறிது வலப்பக்கம் வளைந்திருக்கும். ஆனால் மிக உயரமான மேசையின் மேல் வைத்து நீண்டநேரம் எழுதுவதாலும், ஒரே வகையில் புத்தகத்தையோ வேறு சுமையையோ எப்போதும்

தூக்கிச் செல்வதாலும் தலையை ஒரு பக்கமே சாய்த்து நடப்பதாலும், இந்த இட வல வளைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

முதுகுத்தண்டில் முன்பின் வளைவுகளும் இடவல வளைவுகளும் மிகாதவர்று உடலைச் சீராகச் சமன் செய்யும் முறையில் வேலைகளையும் பயிற்சிகளையும் செய்யவேண்டும். மேற்சொன்ன முறைகளுடன் கடினமான படுக்கையில் தலையணையின்றி மல்லாந்து படுப்பதால் கூனும், குறுகிய மார்பும் உண்டாகாமல் தடுக்கலாம். நிற்கும்போதும் நடக்கும்போதும் மார்பை முன்னுக்கும் முகவாயை உள்ளடக்கியும், இடையைப் பின்னொடுக்கியும் வைத்தல் வேண்டும். நாற்காலியில் உட்காரும்போது நன்கு பின்னுக்குத் தள்ளி நிமிர்ந்து நேராக இருக்கவேண்டும். இளமையில் எலும்புகள் மென்மையாகவும் வளர்வன வாகவும் உள்ளமையால் வளைந்து விகாரமாகாமல் செம்மையாகி அழகுடன் மிளிர்வதும் எளிதாகும்.

- கே. கே. அருணசாலம்

எலும்பு அழிவு

எலும்பு உண்டாக்கும் முன்னோடித் திசுக்கள் ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட்களாக (osteoclast) மாற்றப்படும் போது எலும்பழிவு ஏற்படுகிறது. சில புற்றுநோய்த் திசுக்களும் எலும்பழிவை ஏற்படுத்துகின்றன. பொதுவாகத் தைராய்டு சுரப்பி, சிறுநீரகம், பெருங்குடல் ஆகியவை புற்றுநோயால் பாதிக்கப்படும்போது அங்கிருந்து புற்றுத் திசுக்கள் எலும்பை வந்தடைந்து இவ்விளைவை ஏற்படுத்தக்கூடும். மார்பகப் புற்று நோய் எலும்பழிவு மாற்றத்தையும் எலும்பு கடினத் தன்மையையும் பாதிக்கும்.

ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட் இயல்பான எலும்பு வளர்ச்சிக்கும், அதன் உருமாற்றங்களுக்கும் அவசியமான திசுவாகும். வளர்ந்து கொண்டிருக்கும் எலும்பில் ஓரளவு அடர்த்தி ஏற்பட்டவுடன், அது இருக்கும் இடத்திற்கு ஏற்றவாறு தன்னைத்தானே மாற்றி அமைத்துக் கொள்ள முற்படும்போதும், மாறுபட்ட எலும்பு தோன்றும்போதும் இந்த ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட்டுகள் எலும்பின் ஓரப் பகுதியில் தெரியத் தொடங்குகின்றன. சில சமயங்களில் இவை ஹாவ்ஷிப் (Howship's) எலும்புப் பள்ளங்களில் புதையுண்டு காணப்படும். இவற்றை ஆஸ்டியோ பிளாஸ்ட்களிலிருந்தும், (osteoblast) எலும்பை உண்டு பண்ணும் முன்னோடித் திசுக்களிலிருந்தும், வேறுபடுத்திக் கண்டு கொள்வது எளிது. ஆஸ்டியோ கிளாஸ்ட் அவற்றை விடப் பெரியதாகவும் பல நியுக்ளியஸ்களைக் கொண்டதாகவும், சைட்டோபிளாசம் நுரைத்தது போலவும் காணப்படும். கொல்லிகர் என்பார் (Kolliker) தொடக்கத்திலிருந்தே இவற்றை எலும்பை அழிக்கும் திசுக்கள் என்றும், எலும்பை வளர்க்கும் திசுக்கள் அல்ல என்றும் வேறுபடுத்தியதோடு இவற்றை ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட் எலும்பைத் தின்னும் திசு என்றும் மெய்ப்பித்தார். பல நியூக்ளியஸ்களை கொண்ட பெரிய திசுக்கள், நியூக்ளியஸைத்தாமாகவே புதுப்பித்துக் கொள்ளும் ஆற்றல் வாய்ந்தவை. இவை நீண்ட காலம் உயிருடன் இருக்கின்றன.

எலும்பழிவு நோய்கள்.

கிரஹாம் நோய். இது ஒரு கொடிய எலும்பழிவு நோயாகும். காரணம் இதுவரை கண்டுபிடிக்கப் படவில்லை. இந்நோய் உள்ளவர்களின் எலும்புகளில் எலும்பழிவு ஏற்பட இரத்த ஓட்டமுள்ள நார்த் திசுக்களால் அவை நிரப்பப்படுகின்றன.

எலும்பைத் தாக்கும் இரத்தக் கட்டிகளான லிம்ஃபேன்ஜியோமா (lymphangioma) குளோமஸ் கட்டி ஹிமான்ஜியோ பெரிசைட்டோமா (hemangiopericytoma) ஆகியவையும் எலும்பழிவை ஏற்படுத்து கின்றன.

பேஜட் நோய். ஒன்று அல்லது அருகருகே உள்ள எலும்புகளையே பெரும்பாலும் இந்நோய் தாக்கு கின்றது. மேலும் ஒரே எலும்பில் கூட ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டுமே இது தாக்கக் கூடும். சில வேளைகளில் இது அனைத்து எலும்புகளையும் தாக்கலாம். நோய் தோன்ற ஆரம்பிக்கும்போது எலும்பு, ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட் திசுக்களால் விழுங்கப் பட்டு, எலும்பு மஜ்ஜை நார்த்திசுக்களாலும் இரத்த அணுக்களாலும் நிரப்பப்படுகின்றது.

எலும்புப்புற்று நோயில் எலும்பழிவு ஏற்பட்டு கால்சிய அளவு இரத்தத்திலும், சிறுநீரிலும் மிகுந்து காணப்படும். அல்கலைன் பாஸ்ஃபடேஸ் நொதியளவு சிறிது மிகையாகவோ, இயல்பாகவோ இருக்கும். ஹைடிராக்சி புரோலின் உள்ள பெப்டைடுகள் மிகுதியாகச் சிறுநீரில் வெளியேற்றப்படும்,

மருத்துவம். எலும்பு வரை பரவி விட்ட புற்றுக்கு ஆறுதல் மருத்துவம்தான் தர இயலும். பிளைகாமைசின் (plicamycin) ஆஸ்டியோகிளாஸ்ட்டின் பணியைத் தடுப்பதால் அதைக் கொடுக்கலாம்.

பேஜட் நோயில் எலும்புத் தேய்வைக் குறைக்க எடிட்ரோனேட் மருந்தும், எலும்பு வலியை நீக்க எல்டோப்பாவும் பயன்படுகின்றன.

- சுவயம் ஜோதி

எலும்பு உடையாத தலை, கழுத்துக் காயம்

மண்டைத் தோல் என்னும் ஸ்கால்ப் (scalp) தோல் பகுதி நான்கு அடுக்குகளால் ஆனது. தோல்,

அடித்தோல் திசு, கேலியா (galea) அல்லது நார்த் திசுப்படுக்கை, இதனுடன் இணைக்கப்பட்ட பிடர் முண்டு தசை மற்றும் இதன் அடியில் காற்றறைத்திசு அடுக்கு, மண்டை ஓட்டுடன் ஒட்டிய புறக் கபாலத் திசு ஆகியவை அடங்கும்.

மண்டை ஓட்டுத் தோலில் ஏற்படும் காயங்களை வெட்டுக்காயம், கிழிந்த காயம், குத்துக்காயம், இரத்தக்கட்டு, தோல் முழுதும் கழன்று வரும்காயம், எனப் பலவிதமாகப் பிரிக்கலாம். தோலில் உள்ள நீட்சித்தன்மையால் கிழிந்த காயத்திற்கும் வெட்டுக் காயத்திற்கும் வேறுபாடு காண்பது கடினம், இதைக் கண்டறிய உருப்பெருக்கி தேவைப்படும். நீதித்துறை யினர் இதனை அறுதியிட்டுக் கூற வேண்டுமென விரும்புவர்.

மண்டைத் தோலில் இரத்தநாளங்கள் கூடுதலாக இருப்பதாலும், தோலின் நீட்சித்தன்மையாலும் இரத்த ஒழுக்கு அதிகம் காணப்படும். உடனடியாக இரண்டு அடுக்குத் தையல் போடுவதாலேயே இதை நிறுத்தலாம். இவ்வாறு செய்தால்தான் இக்காயங்கள் எளிதில் ஆறும். கேலியாவின் கீழ் சேரும் இரத்தக் கட்டு, கபாலத்தின் அடிவரை பரவும். மண்டை ஓட்டை ஒட்டியுள்ள புறக்கபாலத்திசுவின் அடியில் உள்ள இரத்தக்கட்டு தலையில் எலும்புக்கிடையில் உள்ள தையலுடன் ஒட்டி இருப்பதால் தடுத்து நிறுத்தப்படும். இதை ஊசி கொண்டு உறிஞ்சியோ கத்தி கொண்டு கீறியோ வெளியேற்றலாம்.

இக்காயங்களில் தொற்று வந்தால் அது கபாலத் தையோ, மூளையையோ பாதிக்க ஏதுவாகிறது. நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்துகள் கொடுப்பதால் இதைத் தடுக்கலாம். சிலசமயம் தலைமயிர் மின்விசிறி அல்லது எந்திரங்களில் மாட்டிக் கொண்டு மண்டைத்தோல் முழுதும் கழன்று வர ஏதுவாகிறது. அதிக இரத்த ஓட்டம் இருப்பதாலும் உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடி உதவியாலும் மிக நுண்மையான அறுவை செய்து தோலைக் குணப்படுத்தலாம்.

கழுத்துக் காயங்கள். பொதுவாகக் கழுத்தில் ஏற் படும் காயங்கள் மன நோயாளிகள் கத்திக்கொண்டு கழுத்தைத் தானே அறுத்துக் கொள்வதாலோ வெட்டு, குத்து, துப்பாக்கிக் குண்டு துளைத்தல் போன்ற விபத்தில்ஏற்பட்ட கிழிசல் ஆகியவற்றாலோ ஏற்படுகின்றன.

கழுத்தில் மூச்சுக்குழல், கழுத்துத் தமனி, ஜுகுலர் சிரை மற்றும் முக்கியமான நரம்புகள், தைராயிடு போன்ற உறுப்புகள் இவை இக்காயங் களால் தாக்கமுறக் கூடும்.

மருத்துவம். காயங்கள் எந்த இடத்தில் இருந் தாலும், சான்றாக ஹயாய்டு எலும்புக்கு மேல் அல்லது கீழே, தைராய்டு படலம், தைராய்டு குருத் தெலும்பு, கிரிக்காய்டு குருத்தெலும்பு அல்லது மூச்சுக் குழல் என எந்தப் பகுதியாயிருந்தாலும் மருத்து வத்தில் கவனிக்க வேண்டியவை மூன்று செயல்கள் ஆகும். அவை, இரத்த ஒழுக்கை வெட்டுண்ட தமனி அல்லது சிரையைப் பிடித்துக் கட்டு வதால் நிறுத்தப்படும். காற்றுப்பாதையில் தடை யில்லாமலிருக்க மூச்சுக்குழலில் துளையிட்டு உலோக அல்லது ரப்பர்க் குழாய் பொருத்த வேண்டும். துண்டிக்கப்பட்ட தசை மற்றும் நரம்புகளை இணைக்க வேண்டும்.

கழுத்துப்பகுதிக் காயங்களால் வரும்விளைவுகள். இரத்தப் போக்கைக் கட்டுபடுத்த உடனடியாகக் குளுக்கோஸ், தண்ணீர், பிளாஸ்மா, டெக்ஸ்ட்ரான் மற்றும் இரத் தம் ஏற்ற வேண்டும். காற்றுக் குமிழ்கள் இரத்த நாளம் வழியே சென்று தடை உண்டாக்கலாம். தூய்மையற்ற கருவிகளால் உண்டாக்கப்படும் காயங் களில் தொற்று ஏற்பட்டு மார்புப்பகுதியிலும் பரவக் கூடும். நிமோனியா அல்லது நுரையீரல் அழற்சி, மூச்சுக் குழாய்ச் சுருக்கம் ஆகியவையும் உணவுக் குழல், மூச்சுக்குழல் புறத்தோலுடன் ஒரு பாதையை உண்டாக்குதல், ஒலிநாண் பாதிப்பால் பேச்சில் ஒரு மாற்றம் உண்டாதல், தோலுக்கடியில் காற்றுப் பரவித் தோலை அழுத்தும்போது நெறு நெறுவென்ற ஒலி உண்டாதல் ஆகிய விளைவுகளும் ஏற்படலாம்.

- மா. ஃபிரெடரிக்ஜோசப்

எலும்புக் கூட்டு நோய் [கால்நடை]

எலும்பு உடலுக்கு அமைப்பைத் தருகின்றது. எலும்பு களின் கூட்டுச் சேர்க்கையே எலும்புக் கூடு ஆகும். தசைநார்கள், கால்சியம் ஃபாஸ்ஃபேட் மற்றும் கார்ப னேட் ஆகியவற்றின் நெருங்கிய கூட்டுக்கலவை எலும்புஆகும். இளம் கால்நடைகளின் எலும்புகள் 60% தசை நார்கள் ,சேர்ந்தவையாகவும், வயதான கால் நடைகளில் எலும்புகள் 60% சுண்ணாம்பு உப்புகள் சேர்ந்தவையாகவும் இருக்கும். எலும்புகள் தசைகளின் ஆழத்தில் இருப்பதாலும், அதிகமான அளவு இரத்த ஓட்டம் இல்லாத காரணத்தினாலும், உடனடியாகத் திசுக்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களைப்போல் நோயின் தன்மையை அறிய இயலாது.

எலும்புகளில் கடும் அழற்சி. இது எலும்புகளில் வெளித்தாக்குதல் ஏற்படுவதாலும், சிதைந்த தசை கள் மூலம் நுண் கிருமிகள் எலும்புகளை அடைவ தாலும் ஏற்படுகிறது. மேலும் எலும்புகளில் தசை நார்கள் மற்றும் தசை நாண்களில் (ligaments and tendons) ஏற்படும் வீக்கம், எலும்பு சூழ் இணைப்புத் திசுப்படலத்திற்குப் பரப்பப்பட்டு இதனை உண்டாக் குகிறது.

இவ்வாறு ஏற்படும்போது பாதிக்கப்பட்ட பகுதியைத் தொட்டால் வலி ஏற்படும். காய்ச்சலும், சுறுசுறுப்பு இல்லாமையும், நகருவதற்குத் தயக்கமும் ஏற்படும். பாதிக்கப்பட்ட பகுதி தொடுவதற்குச் சூடாகவும், வீக்கமாகவும் காணப்படும். தற்காலிக முடம் காணப்படும். இந்த வீக்கம் பின்பு முற்றிவிடும். இதன் விளைவாகச் சீழ் வைத்தும், தசைகள் அழுகிய நிலையில் மேல் தோலைத் துளைத்துக் கொண்டு தசையும் சீழும் வெளியில் வரத் தொடங்கும். இதனால் நீடித்த முடம் ஏற்படலாம்.

எக்ஸ்ட்டோசிஸ். இந்நோயில் எலும்பின் திசுக்கள் தொடர்ந்த உறுத்துதலால் எலும்பின் வெளிப்பகுதியில் தனி எலும்பாக வளர்ச்சி அடையும்.

எலும்புப் புற்றுநோய். இந்நோயில் சாதாரண எலும்பைவிட நான்கு பங்கு பருமனில் எலும்பு காணப்படும்

ரிக்கட்ஸ். இது இளம் கால்நடைகளில் வைட்டமின் அல்லது பாஸ்ஃபரஸ் அல்லது இவை இரண்டின் குறைவால் ஏற்படும் நோயாகும். இதில் நீண்ட எலும்பின் முடிவுகள் பெரியதாகவும், எலும்பின் நீண்ட பகுதி வளைந்தும் காணப்படும். விலா எலும்புகள் விலாக் குருத்துடன் சேரும் இடங்களில் சிறு முடிச்சுக்களான வீக்கம் காணப்படும். இது சிறிய உருத்திராட்ச மாலை போன்ற அமைப்பில் இருக்கும். இளம் கால்நடைகள் நடக்கும்போது வலி ஏற்படுவதால் சிரமப்படும்.

ஆஸ்ட்டியோ போரோசிஸ். இது வயதிற்கு வந்த கால்நடைகளில் காணப்படும் எலும்பு நோயாகும். எலும்புகள் மிருதுவாக இருக்கும். இது கருத்தரிக்கப்பட்ட கால்நடைகளில் சாதாரணமாகக் காணப்படும். வைட்டமின் D குறைவே இந்த நோய்க்குக் காரணம். இதனால் கன்று ஈனும் பொழுது இடுப்பு எலும்பில் முறிவு ஏற்படலாம்.

ஆஸ்ட்டியோமெய்லிட்டிஸ். இது காயங்களுக்குப் பின் எலும்பில் ஏற்படும் நோயாகும். எலும்பு மஜ்ஜையில் வீக்கம் தோன்றி கால்நடைகளைத் துன்புறுத்தும்.

ஆஸ்ட்டியோ பெட்ரோசிஸ். இந்த நோயில் கோழிகளின் கால்கள் தடித்துக் காணப்படும். இது பொதுவாக 'ஏவியன் லியூகோசிஸ் காம்பிளக்ஸ்' என்ற நோயால் பாதிக்கப்பட்ட கோழிகளில் காணப்படும்.

ஆஸ்ட்டியோ ஃபைபிரோசிஸ். எலும்புகளில் சுண்ணாம்புச் சத்துக் குறைவதால் எலும்புகள் எளிதில் முறியக்கூடியவையாக இருக்கும். இது குதிரைகளில் மிகுதியாகக் காணப்படும் நோயாகும்.

ஆஸ்ட்டியோ கோண்ட்ரோசிஸ். எலும்புகளும், குருத்தெலும்புகளும் சிதைவுறுகின்றன. இதனால் முதுகெலும்பின் இடைப்பட்ட பகுதி நாளடைவில் சீர்கெடும்; மேலும் முதுகெலும்பு ஒன்றிலிருந்து ஒன்று நழுவி விடும்.

ஆஸ்ட்டியோ ஆர்த்ரைட்டிஸ். இது இரண்டு எலும்புகளின் சேர்க்கையில் உண்டாகும் மூட்டுகளில் எலும்புகளின் நாட்பட்ட அழற்சியால் உருமாறிய மூட்டுகளை உருவாக்கும்.

ஆஸ்ட்டியோ டிஸ்ட்ரோஃபி. இது பல வகையான தாது உப்புகள், வைட்டமின் D குறைவால், எலும்புகளில் ஏற்படும் நோயாகும். இதனால் எலும்புகள் எளிதில் முறியும் தன்மையுடையவையாக மாறிவிடும்.

-எஸ். ராம்பிரசாத்

எலும்புக்கூடு

முதுகெலும்பிகளில் எலும்பாலான இருபக்கச் சமச்சீருடைய அகச்சட்டகம் எலும்புக்கூடு எனப்படுகிறது. இது உடலுக்குக் கட்டமைப்பையும் தலை, கண், இதயம் போன்ற உறுப்புகளுக்குப் பாதுகாப்பையும் தருகிறது. உடலின் பல உறுப்புகளின் அசைவிற்கும், உடல் இயங்க உதவும் தசைகளுக்குப் பொருந்துமிடமாகவும் நெம்புகோலாகவும் பயன்படுகிறது.

நடுத்தர வயதுடைய மனித உடலில் இருநூறுக்கும் மேற்பட்ட எலும்புகள் உள்ளன. இளமையில் தனித்தனியாக இருந்த சில சிற்றெலும்புகள் இந்நிலையில் ஒன்று கூடியுள்ளன. எலும்புகள், அருகில் உள்ள எலும்புகளுடன் பொருந்த மூட்டுகள் (joints) உண்டாகின்றன. மூட்டுகளில் ஓர் எலும்பு இன்னொன்றைப் பற்றிக் கொண்டு, அசையும் முறையில் இருக்கும். இவற்றில் சில மூட்டுகள் அசையா மூட்டுகள். (எ.கா. மண்டையோட்டு எலும்புகள்.) சில அசையும் மூட்டுகள் (எ.கா. கை, கால் மூட்டுகள்) எலும்புகள் ஒன்றோடொன்று பொருந்துமாறு மூட்டுப்பரப்புகளின் வடிவங்கள் இருக்கும். அவ்வெலும்புகள் வளையத்தக்க நார்க்கட்டுகளாலும் மூட்டுறைகளாலும் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

எலும்புக்கூடு, அச்செலும்புப் பகுதி (axial skeleton) சேர்க்கை (தொங்கு) எலும்புப்பகுதி (appendicular skelcton) என இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படும். தலை, கழுத்து, உடல் (கவந்தம்) ஆகியவற்றின் எலும்புகள், மண்டையோடு முள்ளந்தண்டு, மார்பெலும்பு ஆகியவை அச்செலும்புப் பகுதியிலும், கை, கால் எலும்புகள், தோள் இடுப்பு வளையங்கள் ஆகியவை சேர்க்கை எலும்புப் பகுதியிலும் அடங்கும்.

முதுகுத்தண்டு. இது எலும்புக்கூட்டின் அச்சாகும். உடலிலுள்ள மற்ற எல்லா எலும்புகளுக்கும்

நேரிடையாகவோ வேறு எலும்புகளின் வழியாகவோ இதுபற்றுக்கோடாக இருக்கிறது. இதில் 25 எலும்புகள் உள்ளன. முதுகெலும்பின் மேற்புறத்தில் 24 தனி முள்ளெலும்புகள் உள்ளன. நார்க்குருத் தெலும்பாலான வில்லைகள் முள்ளெலும்புகளுக்கிடையே பொருந்தி இருப்பதால் குனியவும், நிமிரவும், வளையவும் முடிகிறது. கழுத்தில் ஏழு முள்ளெலும்புகள் உள்ளன. மிகக்குட்டையான கழுத்துடைய பன்றியிலும், மிகு நீளக் கழுத்துடைய ஒட்டைச் சிவிங்கியிலும் ஏழு முள்ளெலும்புகளே உண்டு. இந்தமாறிலி எண்ணிக்கை ஏழும், பாலூட்டிகளின் முக்கிய பண்புகளில் ஒன்று. முதல் முள்ளெலும்பு அட்லாஸ் இரண்டாம் முள்ளெலும்பு ஆக்சிஸ் அல்லது அச்சு என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. கிரேக்கப் புராணக்கதைகளில் உலகத்தை அட்லாஸ் என்ற அரக்கன் தாங்குவதாக வருகிறது. தலையைத் தாங்குகின்ற இந்தச் சிறிய முள்ளெலும்புக்கு அப்பெயர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. தலையை முன்னும், பின்னும் அசைக்கும்போது அட்லாஸின் மேல் பகுதியிலுள்ள இரண்டு ஆழமில்லாத பள்ளங்களில் தலையின் அடிப்புறமுள்ள இரண்டு பிடரிமுண்டுகளும் (occipital condyle) அசையும். இரண்டாம் கழுத்து முள்ளெலும்பாகிய அச்சின் மேற்புறத்தில் பல்போன்ற அமைப்பில் ஒரு முள் உண்டு. இதை அச்சாக வைத்து அட்லாஸ் இடவலப்பக்கங்களுக்கு ஒரு சிறிது சுழலும். நாவின் அடியில் பொருந்தியுள்ள ஹையாய்டு (hyoid) எலும்பு தொண்டையில் குரல் வளைக்கு மேல் தனியாக உள்ளது.

மார்புப்பகுதியில் 12 முள்ளெலும்புகள் உள்ளன. மார்பின் இருபுறமுள்ள விலா எலும்புகள் அவற்றோடு பொருந்தியுள்ளன. 12 இணைப்பழுவெலும்புகளில், முதல் ஏழு இணைகள் முன்மார்பெலும்பிலுள்ள குருத்தெலும்புடன் பொருந்தியுள்ளன. எட்டாம் பழுக் குருத்தெலும்பு ஏழாம் பழுக் குருத்தெலும்புடனும், 9,8 உடனும் 10,9 உடனும் சேர்ந்துள்ளன. 11,12 ஆம் பழுவெலும்புகள் மட்டும் சேராமல் மிதக்கும் பழுவெலும்புகளாக உள்ளன. மார்பெலும்பு, மார்புமுள்ளெலும்புகள், பழுவெலும்புகள் ஆகியவை சேர்ந்து ஒரு கூண்டு போல அமைந்துள்ளன. இக்கூண்டின் அடிப்புறமாக உடம்பின் இடைத்திரையான உதரவிதானம் (diaphragm) அமைந்துள்ளது. இக்கூட்டிற்குள் இதயமும் நுரையீரல்களும் காப்பாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் சுவாசத்தின்போது நுரையீரலுக்குள் காற்றுப் புகவும், வெளிவரவும் இக்கூண்டு ஒரு துருத்தி போல் அமைந்துள்ளது.

இடையில் ஐந்து முள்ளெலும்புகள் உள்ளன. இறுதி முள்ளெலும்புக்குக் கீழே பிட்ட எலும்பு உள்ளது. குழந்தைப்பருவத்தில் ஐந்து தனி எலும்புகளாக இருந்தவை முதிர்ந்த நிலையில் ஒன்று கூடி ஒரே எலும்பாக உள்ளன. இவ்வாறே பிட்ட எலும்புக்குக் கீழ் காக்சிக்ஸ் என்ற வால் எலும்பும் உள்ளது. குழவிப்பருவத்தில் நான்கு தனி எலும்புகளாக இருந்த இவை பின்னர் ஒன்று கூடி ஒரே எலும்பாக மாறின. பிற பாலூட்டிகளில் இது வாலாக நீண்டிருக்கும். ஆனால் மனிதனில் இது ஓர் எச்ச உறுப்பு (vestigeal organ) ஆகும். குழந்தைகளின் முதுகுத்தண்டில் இருந்த 33 எலும்புகள் வயது முதிர்ந்ததும் கூடி இருப்பத்தாறு எலும்புகளாக மாறி விடுகின்றன.

தலையெலும்புகள். முள்ளந்தண்டின் உச்சி, மண்டையோட்டுடன் பொருந்தியுள்ளது. தலையில் மண்டை, முகம் என இரு பகுதிகள் உண்டு. இவற்றில் நெற்றி எலும்பு (1), சல்லடை எலும்பு (1), ஆப்பு எலும்பு (1), மண்டைப்பக்க எலும்பு (2), பின் மண்டையெலும்பு (1), மூக்கு எலும்பு (2), பொட்டு எலும்பு (2), கீழ்மூக்குச் சங்கெலும்பு (2), கொழுவெலும்பு (1), மேல்தாடையெலும்பு (2), கன்ன எலும்பு (2), கண்ணீர்ப்பை எலும்பு (2) அண்ணம் (2), கீழ்த்தாடையெலும்பு (1) என இருபத்திரண்டு எலும்புகள் உள்ளன. கீழ்த்தாடை எலும்பைத் தவிர அனைத்து எலும்புகளும் அசையாமலும் பிரியாமலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மூளைப் பாதுகாப்பிற்குப் பெரிய ஓர் உறுதியான அறையும், இரண்டு கண்களுக்குத் தேவைப்படும் இரு கட்குழிகளும், மூக்குக்கு ஒருகுழியுமாக அமைந்துள்ளன. இவற்றுடன் உட்செவி, நடுச்செவிக்குழிகளும், காற்றறைகளும் உள்ளன.

எலும்புகளின் பொருத்துகளில் மேடும் பள்ளமும் இருக்கும். ஓரங்கள் கூர்ப்பற்கள் பொருந்தி தையல் போட்டது போலுள்ளமையால் இவைதையல் மூட்டுகள் எனப்படுகின்றன. நார்த்திசு, நாடாவைப் போல் பொருத்துகளைச் சேர்க்கின்றது. இங்கு குருத்தெலும்புகளும் இருப்பதால் மூளை, முகம் வளர்வதற்கு இவை உதவுகின்றன. இவற்றுடன் ஒவ்வொரு செவிக்குள்ளும் செவிப்பறையிலிருந்து நடுச்செவி வழியாக உட்செவிக்கு முன்புறம் மூன்று சிற்றெலும்புகள் ஒரு தொடராக அமைந்துள்ளன.

கையெலும்புகள். தோல் முதல் முழங்கை வரையில் மேற்கையெலும்பு ஒன்றும், முன்கைப் பெருவிரல் பக்கமாக ஆரையெலும்பும், சிறுவிரல் பக்கமாக முழங்கையெலும்பும், மணிக்கட்டில் எட்டுச் சிறு எலும்புகளும், உள்ளங்கையில் ஐந்து நீண்ட எலும்புகளும், பெருவிரலில் 2உம், மற்ற விரல்கள் ஒவ்வொன்றிலும் மூன்றும் என முப்பது எலும்புகள் கையில் உள்ளன. கை, தோள் வளையத்தால் முள்ளந்தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தோள் வளையத்தின் பின்புறம் மெல்லிய தோள் பட்டை எலும்பும் முன்புறம் காரை எலும்பும் உள்ளன. தோள்பட்டை எலும்பின் மேற்புறம் உள்ள குழியில் மேற்கை எலும்பின் உருண்டையான நுனி, பந்துக் கிண்ண மூட்டமைப்பில் பொருந்தி உள்ளது. முழங்கையில் மேற்கையெலும்பின்

கீழ்முனையோடு முன்கை எலும்புகள் கீல் மூட்டாகப் பொருந்தியுள்ளன, இதனால் முழங்கையை நீட்டவும் மடக்கவும் இயலும். முழங்கையெலும்பின் மேல் முனையும் ஆரை எலும்பின் உருளை போன்ற மேல் பாகமும் முளைமூட்டமைப்பில் உள்ளன. இந்த இரண்டு எலும்புகளும் ஒரு போக்காகக் கிடக்கும் போது உள்ளங்கை முன் அல்லது மேல் நோக்கியும், ஆரையெலும்பு முழங்கையெலும்பின் மேல் புரண்டு குறுக்காகக் கிடக்கும்போது உள்ளங்கை பின் அல்லது கீழ்நோக்கியும் இருக்கும். கையெலும்புகளனைத்தும் நன்கு அசையக்கூடியனவாக அமைந்து பொருள் களைப் பற்ற உதவுகின்றன. பெருவிரல் மற்ற விரல்களுக்கு முன்னே எதிராகக் கொண்டு வரத்தக்க அமைப்பில் உள்ளதால் கையினால் எதையும் வலி வாகப் பிடிக்க முடியும்.

காலெலும்புகள். தொடையெலும்பு உடலிலுள்ள மற்ற எலும்புகளைவிடப் பெரியது. முழங்காலுக்குக் கீழே கணுக்காலில் கீழ்க்கால் வெளியெலும்பு மெலிய தாகவும், உள்ளெலும்பு பெரியதாகவும் உள்ளன. கணுக்காலில் 7, பாதத்தில் 5, விரல்களில் 14 என மொத்தம் இருபத்தாறு எலும்புகள் உள்ளன. முழங் காலில் தசை நாணிலுண்டான முழங்காற்சில் ஒன்று உள்ளது.

பொதுவாகக் கால்கள் நடக்கவும் சுமையைத் தாங்கவும் உறுதியும் அடர்த்தியுமுடைய எலும்பு களைப் பெற்றுள்ளன. கையெலும்புகளைவிடப் பெரியனவாகவும் உள்ளன.

காலெலும்புகளை முள்ளந்தண்டோடு சேர்க்க இடுப்பு வளையம் உள்ளது. இது தட்டையும் வளைவுமுடைய எலும்புகளாலானது. இடுப்பெலும் பில் உள்ள ஆழமான குழியில் தொடையெலும்பின் உருண்டையான முனை பொருந்தியுள்ளது. தோள் மூட்டைப் போல் பந்துக்கிண்ண மூட்டமைப்பி லிருந்தாலும் குழி ஆழமாக உள்ளதால் கைக்குள்ள வீச்சு காலுக்கு இருப்பதில்லை. இதனால் உடற் சுமையைத் தாங்கும்போது நழுவாமல் இருக்க உதவு கிறது. முழங்காலில் கணுக்காலைப் பின்னுக்கு மடக்கவும் நேராக நீட்டவும்தான் முடியும். காலை நீட்டியிருக்கும்போது கால் மூட்டில் சேரும் எலும்பு முனைகள் ஒன்றுக்கொன்று பூட்டுப் போலப் பின்னிப் பிணைந்துகொள்வதால் கால் உறுதியாக நிற்கிறது.

காலடியெலும்புகள் கையெலும்புகளைப்போல எளிதாக அசையக் கூடியவையல்ல. கைப்பெரு விரலைப் போன்று கால்பெருவிரலை மற்ற விரல்களுக் கெதிரே கொண்டுவர இயலாது. ஆனால் குரங்கின் கால் பெருவிரல் கைப்பெருவிரல் அசைவதைப்போல அமைந்துள்ளது. எனவே குரங்கை நாற்கால் விலங்கு என்பதைவிட நாற்கை விலங்கு எனக் குறிப்பிடுவதே பொருத்தமாகும்.

மேற்கூறிய எலும்புகளனைத்தும் சவ்வுப்படலங் களையோ குருத்தெலும்புகளையோ அடிப்படை யாகக் கொண்டவை. இவையன்றித் தசைநாணிலும் சில சிற்றெலும்புகள் உண்டாகும். அவற்றிற்கு எள்ளெலும்புகள் (sesanid) என்று பெயர். முழங் காலில் உள்ள சில்லே அவற்றைவிட மிகப்பெரியது.

- கே. கே. அருணாசலம்

எலும்புக்கூழ்ப் பகுதி

எலும்புத் திசுக்களின் ஆதாரப் பொருள்தான் எலும்புக் கூழ்ப் பகுதியாகும். இதில் இழைகள் பதிக்கப்பட்டு உள்ளன. இந்த எலும்புக்கூழ்ப் பகுதி கால்சியம் உப்புகளால் ஆனது. நன்கு முதிர்ந்த எலும்புக் கூழ்ப் பகுதியின் எடையில் ஐந்தில் ஒரு பகுதி நீரால் ஆனது. இதில் கரிமப் பொருள்களின் பங்கு 30-46 விழுக்காடாகும். தாது உப்பு 60-70 விழுக்காடாகும், முக்கிய கரிமப் பொருள்களில் வெள்ளை நாரிழைகள் 90-95 விழுக்காடாகும். மியூக்கோபாலிசாக்கரைடுடன் சேர்ந்த புரதம் ஒரு விழுக்காடும், புரதச் சத்து 5 விழுக்காடும் உள்ளன. இந்த கரிம எலும்புக் கூழ்ப் பகுதி கால்சியம் உப்பால் தாக்கப்படாமல் இருக்கும்போது அதை ஆஸ்டியாய்டு எலும்புக்கூழ்ப் பகுதி என்பர். இயல்பான எலும்பில் இந்த ஆஸ்டியாய்டு மிகக் குறைந்த அளவில் இருப் பதற்குக் காரணம் உடனே கால்சியம் உப்புப் பரவுவதேயாகும். ரிக்கட்ஸ் என்ற நோயில் ஆஸ்டி யாய்டு எலும்புக் கூழ்ப் பகுதி மிகவும் அதிக அளவில் காணப்படுகின்றது.

எலும்புக் கூழ்ப் பகுதி. இது பார்ப்பதற்கு ஒரே உருவமைப்புடன் விளங்கினாலும், உண்மையில் இது இரு உருவமைப்புகளால் ஆனது. நன்கு மாவுச் சத்து ஏறிய துணிகளுக்குச் சமமாக இதைக் கூறலாம். இழைகளும், கடினமான பொருள்களும் நிறைந்த பகுதியே இது. இதன் ஒரு பகுதி கரிமப் பொருளால் ஆன இழைகளைக் கொண்டதாகும். மற்றொரு பகுதி கனிமப் பொருள்களால் ஆனது.

கரிமப் பொருள்கள். பெரும்பான்மையான கரிமப் பொருள்கள் வெள்ளை நார்களால் ஆனவை. இவை இயல்பான வகையைச் சார்ந்தவையாகும். இந்த இழைகள் மிகவும் நுட்பமாகவும், ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து அடுக்கப்பட்டும் அமைந்துள்ளன. இவ் விழை அடுக்குகள் 3-5 மைக்ரான் அடர்த்தியுள்ள அடுக்குகளாகக் காணப்படுகின்றன. இவ்வடுக்குகள் ஆஸ்டியோ கொல்லாஜன் (osteo collagen) இழை கள் எனப்படுகின்றன. இவ்விழைகள் தனிப்பட்ட ஒரு வித சிமெண்ட் பொருளால் இணைக்கப்பட் டுள்ளன,

கனிம உப்புகள். எலும்புத் திசுக்களில் இழைகளினூடே காணப்படும் சிமெண்ட் பாகத்தில் பெரும்பான்மையான தாது உப்புகள் தேங்கியுள்ளன. இவை உலர்ந்த எலும்பில் 65 விழுக்காடு எடை உடையன. கால்சியம் பாஸ்ஃபேட் உப்பு மொத்த கனிமப் பொருள்களில் 85 விழுக்காட்டை எட்டுகின்றது.

எலும்பு உப்புப் பொருள்கள், அடிப்படைத் தாதுப்பொருளால் ஆன உருவமைப்பை ஒத்து விளங்குகின்றன. இவ்வ ஒழுங்கான முறையில் இழைகளுக்கு ஏற்ற வகையில் அடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பு வெள்ளை நார்களுக்குக் குறுக்காக அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

சிமெண்ட். எலும்பிலிருக்கும் தனித் தனி இழைகளையும் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்க ஒரு வகை சிமெண்ட் பொருள் தேவைப்படுகிறது. இதுவே எலும்புக் கூழ்ப் பகுதியின் ஆதாரப் பொருளாகும். இந்தச் சிமெண்ட் பொருள் கொழ கொழவென்று இருக்கின்றது. அடுக்குகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்படுவதுடன் ஒரு கட்டு அடுக்குகள் மற்றொரு கட்டு அடுக்குகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அடுத்தடுத்துக் கட்டுகளாக விளங்கும். அடுக்குகளுக்குச் சான்றாகத் திகழ்வது ஹவேர்சியன் (haver sian) பகுதியாகும். இங்கு அடுக்குகள், ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றைப் பாகுபடுத்தி உணர்ந்து கொள்ள ஏதுவாக ஒரு தனிப்பட்ட சவ்வினால் ஆனவையாக விளங்குகின்றன. இந்தச் சவ்வு மிகவும் அழுத்தமாகக் கறை உண்டாக்கக் கூடிய ரிப்ராக்டைல் பொருளால் ஆனது. எலும்புத் திசுக்கள் அழிக்கப்படும்போது தான் இந்தச் சிமெண்ட் சவ்வு மிகவும் அதிகமாகத் தென்படும்.

லாக்குனார் பெட்டகம். (lacunar capsule) லாக்குனாவும் (lacuna) கெனாலிகுலஸ் (canaliculi) களும் ஒருவகைச்சிறப்புச் சிமெண்ட்டால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தச் சிறப்புக் கரிம சிமெண்ட்டால் உருவான லாக்குனார் பெட்டகம் சிமெண்ட் சவ்வை ஒத்த உருவமைப்பு உடையதாகும். இது எல்லா இடங்களிலும் ஒன்று போலவும் வெகு அதிகமான விலகல் எண் கொண்டதாகவும் அமையப் பெற்றுள்ளது. இந்த லாக்குனார் பெட்டகம் ஒரு பளபளப்பான வட்டத்தைப் போன்று நுண்கருவி மூலம் நோக்கும்போது தென்படுகின்றது.

வெள்ளி நிறமிகளுடன் இணைக்கும் போது இந்தப் பெட்டகம் கறுப்பாகக் காணப்படுகின்றது. கார நிறமிகளாலும் இப்பெட்டகத்தைக் காண முடிகின்றது. இவை வேதிப் பொருள்களான அமிலங்கள், காரங்கள் போன்றவற்றின் தாக்குதலுக்கு இடம் கொடுப்பதில்லை. அவற்றை எதிர்க்கும் ஆற்றல் பெற்று விளங்குகின்றன.

புதிய எலும்புக் கூழ்ப் பகுதி அமைக்கப்படும் போது, அது வெள்ளை இழைகளால் நிரம்பப் பெற்றுள்ளது. ஆனால் இதை நுண் கருவியால் காண இயலவில்லை. ஏனெனில் இவை மியூக்கோ பாலிசாக்கரைட்களுடன் பதிக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் தாது உப்பு வகையைச் சார்ந்த ஹைட்ராக்சி அமெடெய்ட் என்ற கால்சியம் பாஸ்பேட் புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட எலும்புக்கூழ்ப் பகுதியுள் தேக்கப்படுகிறது.

தொடக்ககாலத் திசுவியல் அறிஞர்கள் (பாமர், 1885) தாதுப் பொருள் அல்லாத எலும்புக் கூழ்ப் பகுதி ஒன்று உள்ளதாகவும் அது ஆஸ்டியாய்டு என்றும் எலும்புக்கூழ்ப் பகுதியின் விளிம்பில் தோற்றமளிப்பதாகவும் கூறியுள்ளனர். சில்வர் நைட்ரேட் மூலம் வான்கோஸா என்பவர் நுண்ணோக்கி வாயிலாக எலும்பில் தாதுப் பகுதி இருப்பதைத் தெளிவுபடுத்தினார். மேலும் மெக்லீன், ப்ளூம் (1946) ஆகிய இருவரும் எலும்புக்கூழ்ப் பகுதி கால்சியம் உப்பால் ஆனது என்றும், இந்தத் திசு எலும்புதான் என்றும் தெளிவுபடுத்த உதவினர். இப்போது எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் பார்த்ததில் ஒரு மைக்ரான் மெல்லிய இழை அடர்த்தியில் கால்சியப் படிவு இல்லாத ஓர் எலும்பில், திசுவின் முன்னோடியைக் காண முடிகிறது. இது விலங்குகளிலும் எலும்பு உருவாக்கப்படும்போது இருப்பதை மெக்லீன், யூரிஸ்ட் ஆகியோர் 1968 இல் புலப்படுத்தினர்.

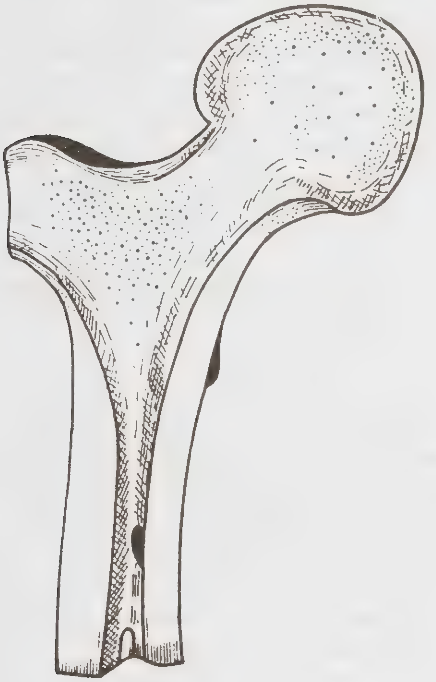
- ரா. அமுதா

எலும்புத்திசு

இது ஓர் உறுதியான, கால்சியம் சேர்ந்த இணைப்புத் திசுவாகும். இத்திசு அடங்கிய உறுப்புகளை எலும்புகள் எனலாம். இத்திசுவில் எலும்புச் செல்களும் (Bone cells) கனிமப் பொருள்கள், கரிமப் பொருள்கள் நிறைந்த இடையீட்டுப் பொருளும் அடங்கியுள்ளன. கரிமப் பொருள்களில் முக்கியமானவை கொல்லாஜன் ஆஸ்ஸியோ மியூகாய்டு, புரதம் முதலியன அடங்கும். எலும்புத் திசுவின் எடையில் 38% கரிம இடையீட்டுப் பொருளாகும். கனிம இடையீட்டுப் பொருள் எலும்பிற்கு உறுதியைத் தருகிறது. இதில் கால்சியம் பாஸ்ஃபேட், கால்சியம் கார்பனேட், கால்சியம் ஃபுளோரைடு, மக்னீசியம் ஃபுளோரைடு ஆகியவை அடங்கும்.

எலும்புகள் கடற்பஞ்சுத் தன்மையுடைய எலும்பு, அடர்த்தியான அல்லது உறுதியான எலும்பு என இருவகைப்படும். இவ்விருவகை எலும்புகளும் ஒரே எலும்பில் அமைந்துள்ளன. ஒரு நீள எலும்பின்

முனைப் பகுதிகளுக்கு எபிஃபைசிஸ்கள் என்றும் நடுப் பகுதிக்குத் தண்டு அல்லது டையாஃபைசிஸ் என்றும் பெயர். எலும்பின் நீள வெட்டுத் தோற்றத்தில் எபிஃபைசிஸ்கள் கடல்பஞ்சு போன்ற அமைப்புடை



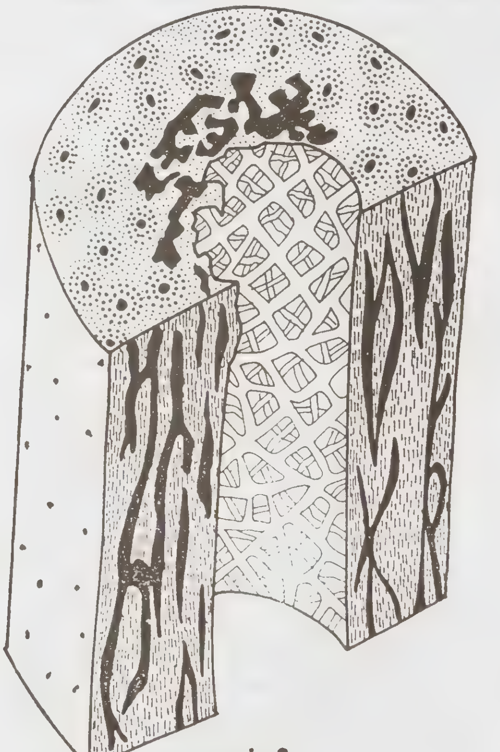
படம் 1.

யனவாகவும், பல புற வளர்ச்சிகளின் (trabeculae) ஒன்றிணைப்பால் உருவான பின்னலைக் கொண்டன வாகவும் இருக்கின்றன. இப்பின்னலின் இடைப் பகுதியில் மஜ்ஜை காணப்படுகிறது. எபிஃபைசிஸ் களின் புறப்பகுதி அடர்த்தியான எலும்பினாலாக்கப் பட்டுள்ளது. மஜ்ஜைக் குழியைச் சுற்றியுள்ள சுவர் களும் அடர்த்தியான எலும்பைக் கொண்டுள்ளன.

கடற்பஞ்சுத் தன்மையுடைய எலும்பிலும், அடர்த்தியான எலும்பிலும் ஒரே வகையான செல் களும் இடையீட்டுப் பொருளும் இருந்தாலும் அவற்றின் எலும்புக் கூறுகளமைப்பிலும், மஜ்ஜைப் பகுதியிலும், எலும்புப் பொருள்களுக்குள்ள விகித வேறுபாடுகள் உள்ளன. கடற்பஞ்சுத் தன்மையுடைய எலும்பில் மஜ்ஜைப்பகுதி அதிகமாகவும், ஒழுங் கற்றும் அமைந்துள்ளது. மேலும் எலும்புப் பொருள் கள் நுண் முள்களாகவோ ஆதாரப் புறவளர்ச்சி களாகவோ உள்ளன. அடர்த்தி எலும்பில் மஜ்ஜைப் பகுதி நெருக்கமாகவும் எலும்புப் பொருள்கள் அடர்த்தியாகவும் உள்ளன.

ஒரு சில எலும்புகளைத் தவிர, உடலிலுள்ள மற்ற எல்லா எலும்புகளில் இவ்விரு வகையும் சேர்ந்தே அமைந்துள்ளன. அசையும் எலும்புகளின் முனைப்பகுதியைத் தவிர, எலும்பின் பிற இடங்கள் ஓர் எலும்பு மேற் சவ்வினால் சூழப்பட்டுள்ளன. மஜ்ஜைப் பகுதி எலும்பு உள் சவ்வினால் சூழப் பட்டுள்ளது.

முதிர்ந்த எலும்புத்திசுவில் நார்களும் இடை யீட்டுப்பொருளும் பல தகடுகளாக அல்லது அடுக்கு களாக அமைந்துள்ளன. அடர்த்தி எலும்பு ஒவ் வொன்றிலும் நீளப்போக்கில் பல கால்வாய்கள் அமைந்துள்ளன. இவற்றிற்கு ஹேவர்சியன் கால் வாய்கள் எனப் பெயர். இக்கால்வாய்கள் ஒன்றோ



படம் 2.

டொன்று செங்கோண, குறுக்குக் கால்வாய்களால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எலும்பின் புறச்சவ்விலிருந் தும், மஜ்ஜை வெளிச்சவ்விலிருந்தும் பல கால்வாய் கள் தொடங்கி, நீள அச்சிற்குச் செங்கோணத்தில் ஹேவர்சியன் கால்வாய்களோடு இணைந்துள்ளன. இக்கால்வாய்களுக்கு வோல்க்மன் கால்வாய்கள் என்று பெயர். ஹேவர்சியன் கால்வாய்களிலும், வோல்க்மேன் கால்வாய்களிலும் பல நரம்புகளும் இரத்தக் குழாய்களும் அடங்கியுள்ளன.

எலும்பின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தில், ஹேவர்சியன் கால்வாய்களைச் சுற்றிப் பல வட்டங் களில் எலும்புத் தகடுகளும், செல்களும் உள்ளன இடையீட்டுப் பொருளிலுள்ள ஒரேமைய வட்டத். தகடுகள், எலும்புச் செல்கள் ஹேவர்சிய கால்வாய்

ஆகியவை சேர்ந்த தொகுப்பிற்கு ஹேவர்சியன் தொகுப்பு என்று பெயர். எலும்பின் புறப்பரப்பி லுள்ள தகடுகள் புறப்பரப்பிற்கிணையாக அமைந் துள்ளன. இவை வட்டச் சுற்றுத்தகடுகள் என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன. எலும்பு உள்ளிடைக் குழியைச் சுற்றி உள்ள தகடுகள் உள் வட்டச்சுற்றுத் தகடுகள் என்று கூறப்படுகின்றன. இரண்டு ஹேவர்சியன் தொகுப்புகளுக்கிடையிலுள்ள தகடுகளுக்கு உள்ளி டைத் தகடுகள் எனப் பெயர். அன்றியும், இரு தொகுப்புகளுக்கும் இடையில் சிமெண்ட் சவ்வு ஒன் றும் உள்ளது. ஆக அடர்த்தி எலும்பில் கால்வாய் களைக் கொண்ட தகடுகளும், இவற்றிற்கிடையே அமைந்த உள்ளிடைத் தகடுகளும், உள்ளும் புறமும் வட்டச் சுற்றுத் தகடுகளும் அமைந்து எலும்பிற்கு உறுதியூட்டுகின்றன.

படம் 3.

ஹேவர்சியன் கால்வாய்களைச் சுற்றிப் பல எலும்புச் செல்கள் இடைக் குழிகளில் அமைந்துள் ளன. பொதுவாக இடைக்குழிகள் வட்டத் தகடுகளுக் குள்ளோ இரண்டு தகடுகளுக்கிடையிலோ இருக்கும். எலும்புச் செல்களிலிருந்து கிளம்பும் நீட்சிகள் அல்லது புற வளர்ச்சிகள் இடையீட்டுப் பொருளில் அமைந்துள்ள சிறு கால்வாய்களுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன.

எலும்பின் இடையீட்டுப் பொருளில் கட்டாகக் கொல்லாஜன் நார்கள் அமைந்துள்ளன. சில நார்கள் எலும்புகளின் புறச்சுவரில் நீள அச்சிற்குச் செங்குத்தாகச் செருகப்பட்டுள்ளன. இவை ஷார்ப்பீ நார்கள் எனப்படுகின்றன. இவையல்லா மல் நெகிழும் நார்களும் உள்ளன. இவை தசை நார்களும் தசை நாண்களும் எலும்போடு இணையும் இடங்களில் அதிகமாக அமைந்துள்ளன.

கடற்பஞ்சுத் தன்மையுடைய எலும்பிலும் தகடு கள் உள்ளன. ஆனால் அவை மாறுபட்டு அமைக் கப்பட்டுள்ளன. ஹேவர்சியன் தொகுப்புகள் மிகக் குறைவாக உள்ளன. காண்க, எலும்பு, எலும்புக் கூடு.

- கே. கே. அருணாசலம்

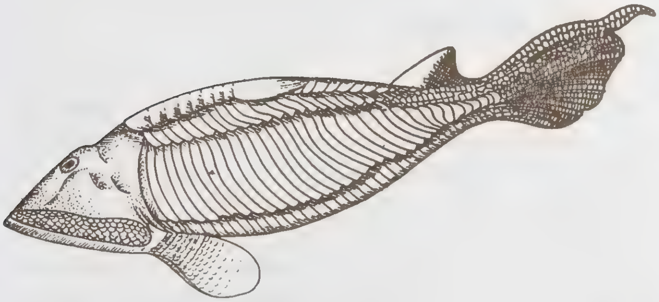
எலும்புத் தோலி

ஆஸ்ட்ரகோடர்ம்கள் எனும் மீனினம் மிகவும் தொன்மையான தாடையற்ற முதுகெலும்பினமாகும். இவற்றிற்கு எலும்புத்தோலிகள் என்ற சிறப்புப் பெயரு முண்டு. இவற்றில் ஒரே ஒரு வகையைச் சார்ந்த மீன்களைத் தவிர ஏனைய அனைத்து வகைகளும் இவ்வுலகில் வாழ்ந்து மறைந்து விட்டன. பொதுவாக இவை மீன்களின் உடலமைப்பைப் பெற்றிருந்தா லும், அவற்றில் உள்ளது போல் தாடைகளும் இணையான துடுப்புகளும் காணப்படா; முதுகெலும்பு களும் இல்லை. முதுகெலும்பு இல்லாவிட்டாலும் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த எலும்புத் தகடுகளாலோ, செதில்களாலோ கவசமுடையனவாகக் காணப்படு கின்றன. இவ்வமைப்புகள் இவற்றிற்குப் பாதுகாப்பு உறுப்புகளாக விளங்கின. இவை நீரில் வாழ்ந்தவை. மறைந்த என்புத்தோலிகள் சைலூரியன் காலத்தில் தோன்றி டிவோனியக் கால இறுதியில் மறைந்து புதைபடிவங்களாக மாறிவிட்டன.

என்புத்தோலிகளை ஐந்து வரிசையாகப் பிரிக்க லாம். ஒவ்வொன்றும் மற்றவற்றிலிருந்து சில பண்பு களால் வேறுபடுகின்றது. இவற்றின் வகைப்பாடும், வாழ்ந்த காலங்களும் பின்வருவனவாகும்: செபலாஸ் பிடா, சைலூரியக் காலம் முதல் டெவோனியக் காலம் வரை; அனாஸ்பிடா-சைலூரியக் காலம் முதல் டிவோனியக் காலம் வரை; டிராஸ்பிடா- ஆர்டோவிஷியக் காலம் முதல் டெவோனியக் காலம் வரை; சீலோலெப்பிடா-மேல் ஆர்டோவிசியக் காலம் வரை; வட்டவாயின-தற்காலம்.

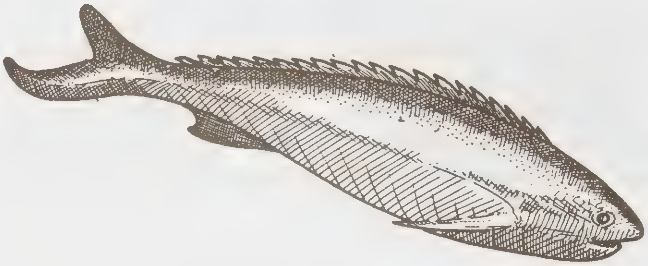
செஃபலாஸ்பிடா. இவ்வரிசையைச் சார்ந்த தாடையிலிகளுள் சிறப்பானவை செஃபலாஸ்பிஸ், ஹெமிசைக்ளாஸ்பிஸ் ஆகியனவாகும். இவை கரை களுக்கருகில் நன்னீர் நிலைகளிலும், உப்பங்கழி களிலும் வாழ்ந்தன. தோற்றத்தால் மீன்களை ஒத்திருந்தன. ஓரடி நீளம் கொண்ட உடலைக்

கொண்டிருந்தன. உடல் தலை, நடுஉடல், வால் ஆகிய பகுதிகளைக் கொண்டிருந்தன. உடல் முழுதும் புறச்சட்டகத்தால் (exoskeleton) சூழப்பட்டிருந்தது. ஆனால் எலும்புகளாலான உட்சட்டகங்களை (endoskeleton) இவை பெற்றிருக்கவில்லை. தலை ஒரு தடித்த கேடயம் போன்ற தகட்டாலும், உடல் குறுக்கே நீளமான எலும்புத்தகடுகளாலும் பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தன. தலையின் மேற்புறத்தில் இரண்டு கண்கள் நெருங்கியனவாகவும் மேல் நோக்கிப் பார்க்கும்படியாகவும் அமைந்துள்ளன. அவற்றின் அருகில் ஒரு நாசித்துளையும் காணப்படுகின்றது. கண்களுக்குப் பின்னால் அமைந்துள்ள பைனியல் துளை மூளையுடன் தொடர்பு கொண்டு ஓர் ஒளியுணர் உறுப்பாகச் செயல்பட்டது. தலையின் இரு பக்கங்களிலும் பத்துச் செவுள் துளைகள் காணப்பட்டன. வால் துடுப்பின் மேற்பகுதி நீண்டு பெரிதாகவும் மேல் நோக்கியும் கீழ்ப்பகுதி குட்டையாகவும் சிறிய நீளத்துடன் கீழ்நோக்கியும் அமைந்து சமமற்ற வால் துடுப்பாக அமைந்திருந்தன. இவ்வால் துடுப்பு நீரில் நீந்துவதற்கு உதவியது. நீந்தும்போது உடல் பக்கவாட்டில் உருளா வண்ணம் தடுக்க முதுகுத்துடுப்பு ஒன்று வாலுக்கு முன் காணப்படுகிறது. வாலுக்கு முன்னாலுள்ள ஒரு முள், மீன்கள் நீந்தும்போது வால்துடுப்பை விறைத்து நிற்கச் செய்ய உதவியது. இவ்வகை மீன்கள் நீரின் அடித்தளத்தில் வாழ்ந்தன.



செ∴பலாஸ்பிஸ்

அனாஸ்பிடா. டீரோலெபிஸ், பெர்க்கினியா போன்றவை இவ்வரிசையின் சிறந்த சான்றுகளாகும். ஆழமான உடலைக் கொண்ட இவை செபலாஸ்பிடாவை விடச் சிறிது நீளமானவை. இவற்றின் உடல் செபலாஸ்பிடாவைப் போல எலும்புத்தகடுகளாலோ செதில்களாலோ போர்த்தப்பட்டிருக்கிறது. கண்கள் பக்கவாட்டில் அமைந்துள்ளன. ஒற்றை நாசித்துளை கண்களுக்கிடையே மேலே காணப்படுகிறது. இவற்றின் பின்னால் பைனியல் துளை அமைந்துள்ளது. வாய் உடலின் நுனியில் அமைந்துள்ளது. தலையின் இருபக்கத்திலும் சாய்வாகப் பக்கத்திற்கு எட்டுச் செவுள் பிளவுகள் காணப்படுகின்றன. இணைத்துடுப்புகள் கிடையா. மலவாய்த் துடுப்பு சிறிதே வளர்ச்சியடைந்திருந்தது. செபலாஸ்பிடாவின் வால் துடுப்பைப் போல் அல்லாமல், இவற்றின் கீழ்வால் துடுப்பு பெரிதாகவும், மேல்துடுப்பு சிறியதாகவும் அமைந்துள்ளன. இவற்றிற்குத் தலைகீழ்ச் சமமற்ற வால்துடுப்புகள் என்று பெயர். இவ்வித வால்துடுப்பு, மீன் முன்னோக்கி நீந்த உதவுவதோடு மேல் நோக்கியும் செல்லப் பயன்படுகிறது. இவை ஒரு நீர் மேற்பரப்பு நீந்தியே ஆகும்.



டீரோலெப்பிஸ்

டீராஸ்பிடா. இவை மிகவும் பழமை வாய்ந்த என்புத்தோலியாகும். இவ்வரிசையின் சிறந்தஎடுத்துக் காட்டாக டீராஸ்ஸை கூறலாம். சிறிய இவ்விலங்கு தடித்த கவசம் பெற்றுள்ளது. உடல் முன் அகன்று, பின் குறுகிய வடிவம் கொண்டிருப்பதால் நீந்துவதற்கு ஏதுவாயிருந்தது. வேறு சிலவோ பெரியனவாகவும், தட்டையான உடலமைப்புக் கொண்டனவாகவும் இருந்தன. நீரின் அடித்தளத்தில் இவை வாழ்ந்தன. கண்கள் பக்கவாட்டில் அமைந்துள்ளன. தலையின் பின்பகுதியில் பக்கத்திற்கு ஒன்றாகச் செவுள்களுக்கென்று ஒற்றை வெளித்துளை காணப்படுகிறது. தலை தவிர எஞ்சிய உடல் சிறிய செதில்களால் மூடப்பட்டுள்ளது. தலைகீழ்ச் சமமற்ற வால் துடுப்பைப் பெற்றுள்ளது. ஆனால் ஒற்றைத் துடுப்புகள் காணப்படவில்லை. இவையும் ஒரு மேற்பரப்பு நீந்தியே ஆகும்.

சீலோலெபிடா. தீலோடஸ், லானார்க்கியா போன்றவை இவ்வரிசையின் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகளாகும். தட்டையான உடலைக் கொண்ட இவை பக்கவாட்டில் கண்களையும் பிளவுபட்ட, சமமற்ற வால் துடுப்பையும் பெற்றுள்ளன. இவற்றின் உடல்கள் நுண் முள்களால் போர்த்தப்பட்டுள்ளமையால்

டிராஸ்பிஸ்

ஏனைய என்புத்தோலிகளிடமிருந்து இவை வேறு படுகின்றன. இம்முள்கள் மிகவும் சிறந்தவை. இவற்றின் உட்சட்டகத்தைப் பற்றிய விவரம் தெரியவில்லை. ஏனைய என்புத்தோலிகளுடன் இவற்றை ஒப்பிடும்போது இவை ஒரு வேக நீந்தி யாக இருக்கக்கூடும் எனக் கருதப்படுகின்றது.

தீலோடஸ்

சைக்குளோஸ்டோமேட்டா. மேற்கண்ட பல என்புத்தோலிகளின் மறைவுக்குப்பின் இன்னும் வாழ்ந்து வரும் என்புத்தோலி வட்டவாயின (cyclostomata) ஆகும். இவற்றை லேம்ப்ரேக்கள், ஹேக் மீன்கள் என இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். இவை கடலில் வாழ்கின்றன. பெட்ரோமைசான் லேம்ப்ரேக்களில் ஒன்றாகும். இவற்றில் செதில்களும், தாடைகளும் கிடையா. இவை ஒட்டுறுப்பைக் கொண்ட வட்டமான வாயைக் கொண்டுள்ளன. தலையின் மேற்பக்கத்தில் மூக்குத்துளை ஒன்றுள்ளது. இதில் ஏழு இணையான செவுள்கள் காணப்படு கின்றன. இது ஓர் ஒட்டுண்ணியாகும். வாழ்க்கைச் சக் கரத்தில், நன்னீர் நிலைகளில் வாழும் அம்மோ சீட்டிஸ் (ammocoetes) இளவுயிரி உள்ளது. மிக்சின் எனப் படும் வட்டவாயின ஹேக் (Hag) மீன்கள் வகையைச் சார்ந்தவை. இதில் ஒட்டுறுப்பு கிடையாது. மாறாக வாயைச் சுற்றிலும் உணர்விழைகள் உள்ளன. செதில்களும், இணைத்துடுப்புகளும் காணப்படா. வாழ்க்கைச் சக்கரத்தில் இளவுயிரி எதுவும் இல்லை.

என்புத்தோலிகளின் படிமலர்ச்சி. என்புத்தோலி கள் குறுகிய கால அளவிலே சைலூரியன் காலத்தில் வாழத் தொடங்கி, டிவோனியன் காலத்தில் அழிந்து விட்டன. இத்தாடையற்ற என்புத்தோலிகள் ஆர் டோவிஷியன் காலத்திற்கு முன்பே வாழ்ந்த ஜமாய் டியஸ் போன்ற கவசமற்ற தாடைகளற்ற முது கெலும்பிகளிலிருந்து தோன்றியிருக்கக் கூடும் எனக் கருதப்படுகின்றது. டிவோனியன் காலத்தில் தாடை யுள்ள முதுகெலும்பிகள் அளவில் அதிகமாகத் தோன்றி வளர்ச்சியடைந்ததால், இவற்றுடன் வாழ்வில் போட்டியிட இயலாமல் டெவோனிய இறுதிக் காலத்தில் அழிந்து விட்டன. ஆனால் ஒரு சில வகை என்புத்தோலிகள் மட்டும் (எ.கா. சைக் குளோஸ்டொமேட்டா) குறிப்பிட்ட வாழ்க்கை முறையில் சிறப்புற்ற காரணத்தால், தொடர்ந்து வாழ்ந்து வட்டவாயினையுடைய என்புத்தோலிகளாக இன்றும் காணப்படுகின்றன. டிவோனியக் காலத்தில் மறைந்த தாடையற்ற முதுகெலும்பிகள் அவற்றைத் தொடர்ந்து தாடையுள்ள முதுகெலும்பிகள் முன் னோடியாயிருந்தன.

- இரா. ஜேம்ஸ்

எலும்பு மண்டலம்

மனித உடலின் உருவமைப்புக்குக் காரணம் அவனது சட்டகத்தின் ஒத்த இரு பக்கச் சமச்சீர் (bilateral symmetry) அமைப்பேயாகும். முதுகெலும்புள்ள அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் உள்ளவாறு இந்த எலும்பு மண்டலம், நடுப்பாக இரு கை, இரு கால் ஆகியவற்றில் உள்ள எலும்புகளைக் கொண்டுள்ளது. இவை நடமாடுவதற்கும், பிடித்துக் கொள்வதற்கும், ஏற்ற வகையில் அமைந்துள்ளன. இவற்றுடன் மனிதனுக்கு ஏற்ற வகையில் மாற்றப்பட்ட, விரிந்த தலைப் பகுதியாகிய மண்டை ஓடு, பல வகையான குருத்தெலும்பு, செசமாய்டு எலும்புகளைக் (தசை நார் முனைகளிலும், நாண்களிலும் உருவாகக் கூடியன) கொண்டது. இவை அனைத்தும் சேர்ந்து சட்டகம் (skeleton) எனப்படுகின்றது.

மனிதச் சட்டகம், மற்ற முதுகெலும்புள்ள விலங்குகளுக்கு உள்ளவாறே தசைகளின் உள்ளே வேலைக்கு ஏற்ற வகையில் அமைக்கப் பெற்றுள்ளது. மனிதச் சட்டகம், அகச் சட்டகம் என்றும் முது கெலும்பற்ற பூச்சியினங்களின் சட்டகம், புறச் சட்ட கம் என்றும் பெயர்பெறும்.

மண்டை ஓடு, தாடை எலும்புகள், காரை எலும்புகள், நகங்கள், பல்லின் சிமெண்ட் பகுதி ஆகியவை தோல் வழியில் தோன்றியவை. இவை மனிதனின் வெளி எலும்புமண்டலத்தின் உருவமைப்பு களாகும்.

காதின்சிற்றெலும்புகள், தாடை எலும்புகள், ஹையாய்டு எலும்பு ஆகியவை செவுள் வளைவி லிருந்து தோன்றியவையாகும்.

எலும்பு மண்டலத்தின் பயன். எலும்பு மண்டலம் உடலுக்கு உருவமைப்பும், பாதுகாப்பும் கொடுக் கின்றது. மூட்டுகள் மூலம் நடமாட்டத்தைச் செய லாக்குகின்றது. இரத்த அணுக்களை உற்பத்தி செய்ய உதவுகின்றது.

சில தலைப்பகுதி எலும்புகளில் காற்று நிரம்பிய அறைகள் உள்ளன. இவற்றிற்குக் காற்றறை எலும்பு கள் (pneumatic) என்று பெயர். இவ்வமைப்புக் கொண்ட எலும்புகள் லேசாக இருக்க உதவுகின்றன. எலும்பில் உள்ள காற்றறைகள் குரலின் ஒலியைத் தாக்குகின்றன.

- ரா. அமுதா

எலும்பு மஜ்ஜை

இது மிருதுவான கூழ் போன்ற திசுக்களில் ஒன்றாகும். இது நீண்ட எலும்புகளின் மஜ்ஜை அறைகளில் மட்டுமல்லாது எல்லா எலும்புகளின் பிரிவுச் சுவர் களில் உள்ள இடைவெளியிலும், ஹாவர்சியன் குழாய்களுக்கு இடையேயும் தோற்றமளிக்கின்றது. இதன் அமைப்புக் கூறுபாடு வெவ்வேறு எலும்புகளில் வெவ்வேறு விதத்தில் அமையப் பெற்றிருப்பதுடன், வயதிற்கேற்ப மாறுபட்டும் தோற்றமளிக்கின்றது. இது இரு வகைப்படும். ஒன்று மஞ்சள் மஜ்ஜை; ஏனையது சிவப்பு மஜ்ஜையாகும்.

கரு, கருப்பையினுள் தங்கியுள்ள காலத்திலும், பிறந்த குழந்தையிலும் பிள்ளைப் பருவத்திலும் சிவப்பு மஜ்ஜை எலும்பு மண்டலம் முழுதும் பரவி யிருக்கும். சுமார் ஐந்து ஆண்டுகளுக்குள் நீள எலும்புகளில் உள்ள சிவப்பு மஜ்ஜை மஞ்சள் மஜ்ஜை யாக மாற்றப்படுகின்றது. 20-25 வயதானவுடன் சிவப்பு மஜ்ஜை முதுகெலும்பு, தைராய்டு எலும்புகள், விலா எலும்புகள், காரை எலும்புகள், தோற்பட்டை எலும்புகள் ஆகியவற்றுள் காணப்படும். வயதான பின்னர் மண்டை எலும்புகளில் உள்ள மஜ்ஜை அழிந்து விடுகின்றது. இதைப் பசை கொண்ட மஜ்ஜை என்பர்.

மஞ்சள் மஜ்ஜை. மிகுதியான இணைப்புத் திசுக் களால் ஆன இது இரத்தநாளங்களையும், திசுக்களை யும் கொண்டது. பெரும்பாலும் கொழுப்புத் திசுக் களும், குறைந்த அளவு சிவப்பு மஜ்ஜை திசுக்களும் கொண்டது.

சிவப்பு மஜ்ஜை. இது பின்னல் (reticular) இணைப்புத் திசுவால் ஆனது. இதில் ஆர்கைரோபிலிக் பின்னல் இழைகள் உள்ளன. மேலும் இவை விழுங்கும் திசுக்களால் ஆனவை. இவற்றில் இரத்த அணுத்திசுக்கள் பலவாக நிறைந்திருக்கும். இரத்த அணுக்களின் முன்னோடிகளும், சில கொழுப்புத் திசுக்களும் இருக்கும். சிறிய நிணநீர்த் திசுக்களால் ஆன முடிச்சு எல்லா இடங்களிலும் பரவலாய்க் காணப்படுகிறது. ஆனால் நிணநீர் நாளங்கள் மஞ்சள் அல்லது சிவப்பு மஜ்ஜையில் காணப்படுவதில்லை.

எலும்பு மஜ்ஜையில் இரு வகைக் காரணத் திசுக்கள் பிறந்த குழந்தைகளில் காணப்படுகின்றன. ஒரு வகை மூலத் திசுக்கள் லிம்போசைட்களை உருவாக்குகின்றன. எஞ்சிய பிரிவைச் சார்ந்த மூலத் திசுக்கள் சிவப்பணு, வெள்ளை அணுக்கள் போன்ற வற்றை உருவாக்குகின்றன.

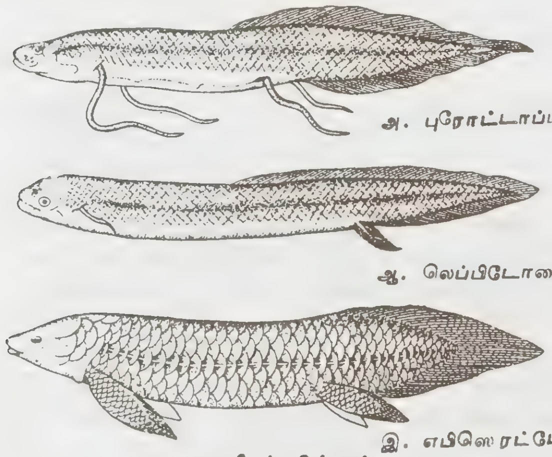
- ரா. அமுதா

எலும்பு மீன்

கடலில் வாழும் சுறா, திருக்கை, ஹிமைரா போன்ற மீன்களில் குருத்தெலும்பால் மட்டுமே ஆன அகச் சட்டகம் (endoskeleton) உள்ளது. எனவே இவ்வகை மீன்கள் குருத்தெலும்பு மீன்கள் (chondrichthyes) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. விலாங்கு, கெண்டை, கெளுத்தி, அயிரை, விரால், வாளை, சாளை, மடவை போன்ற எண்ணற்ற மீன்களின் அகச்சட்டகம் பெரும் பாலும் எலும்பாலானது. எனவே இவ்வகை மீன்கள் எலும்பு மீன்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. சுமார் முப்பது கோடி ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட டிவோனிய காலத்தைச் சேர்ந்த எலும்பு மீன் இனங்களின் புதை படிவங்கள் கிடைத்துள்ளன. எனவே இம் மீன்கள் குருத்தெலும்பு மீன்களைக் காட்டிலும் பழைமையானவை. தலை நுனியில் அமைந்துள்ள வாய், தொண்டைப் பகுதியின் ஒவ்வொரு பக்கத்தி லும் உள்ள நான்கு செவுள்கள், எலும்புகளால் ஆன செவுள் மூடி, தோலை மூடியுள்ள வட்டவுருவச் செதில்கள் நுரையீரல் அல்லது காற்றுப்பை அமைப்பு ஒரு சில மீன்களில் காணப்படும். உள்ளும் புறமும் சமச்சீர் அமைப்புடைய (homocercal) வால் துடுப்பு, வேறு பல மீன்களில் காணப்படும். உட்புறம் சமச் சீரற்ற வால் துடுப்பு உடலின் வெளியே கருவுறுதல் நடைபெறுதல் ஆகியன எலும்பு மீன்களில் காணப்

படும் பொதுப்பண்புகளாகும். எலும்பு மீன்களை இரு துணை வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

துணை வகை 1. உள் நாசித் துளையுடைய மீன்கள் (choanichthyes): இம்மீன்களில் செவுள் மூச்சு விடுதலும், நுரையீரல் மூச்சுவிடுதலும் நடைபெறும். நுரையீரல் விடுதலுக்கேற்ப உள்நாசித் துளைகள் உள்ளன. கிராஸ்ஸாப்டெரிஜியை எனும் வரிசையைச் சேர்ந்த மீன்களில் தசைப் பற்றுள்ள அடிப்பாகம் கொண்ட இணைத் துடுப்புகள் உள்ளன. டிவோனியக் காலத்தில் மிகுந்து காணப்பட்ட இவை முழுதும் அழிந்து விட்டதெனக் கருதப்பட்டது. ஆனால் இவ்வரிசையைச் சேர்ந்த லாட்டிமீரியா என்ற மீனும், மெலானியா என்ற மீனும் முறையே 1938, 1952 ஆம் ஆண்டுகளில் இந்தியப் பெருங்கடலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அறுபதாயிரம் ஆண்டுகளாக எவ்விதப் படிமலர்ச்சியின்றி வாழும் இம்மீன் வகைகள் வாழும் தொல்லினம் (living fossil) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. டிப்னாய் (dipnoi) என்ற மற்றொரு வரிசையைச் சேர்ந்த மீன்களில் வட்டவுருவச் செதில்களும், உள்ளும் புறமும் சமச்சீர் அமைப்புக் கொண்ட வால் துடுப்பும் காணப்படுகின்றன. டிவோனியக் காலத்தில் உலகின் பெரும் பகுதியில் இம்மீன்கள் கணக்கற்றுக் காணப்பட்டன.



அ. புரோட்டாப்டீரஸ்

ஆ. லெப்பிடோசைரன்

இ. எபிஸெரட்டோடஸ்

நுரையீரல் மீன்கள்

ஆனால் தற்காலத்தில் இவை உலகின் மூன்று பகுதிகளில் மட்டும் வாழ்கின்றன. எபிசெரட்டோடஸ் என்ற இனம் ஆஸ்திரேலிய ஆறு குளங்களில் வாழ்கிறது. புரோட்டாப்டீரஸ் என்ற இனம் ஆப்பிரிக்க ஆறு, குளங்களில் உள்ள சேற்றில் வாழ்கிறது. லெப்பிடோசைரன் என்ற இனம் தென் அமெரிக்கச் சதுப்பு நிலச் சேறுகளில் வாழ்கிறது.

துணை வகை 2. ஆரைத்துடுப்பு மீன்களில் உள் நாசித் துளைகள் கிடையா. பக்கத் துடுப்புகளின் அடிப்பாகம் தசைப்பற்றற்றது. துடுப்புகள் எலும்பு ஆரைகளால் (bony rays) தாங்கப்பட்டுள்ளன. தலையின் மேல் பரப்பில் தோல் தகடுகள் உள்ளன. பலகோடி ஆண்டுகளுக்கு முன் மிகுந்து காணப்பட்ட இம்மீன்களில் ஒரு சில மட்டும் தற்போது எஞ்சி உயிர் வாழ்கின்றன. அவற்றில் குறிப்பிடத் தக்கவை ஐரோப்பா, வட அமெரிக்க ஆறுகளில் வாழும் அசிபென்சர், ஆப்பிரிக்காவில் வாழும் பாலியோடான் என்ற இனங்களாகும். ஹோலாஸ்டியை (holostei) மேல் வரிசையைச் சேர்ந்த மீன்களின் வால் துடுப்பு குட்டையாய், சமச்சீரற்றதாய் உள்ளது. லெபிடாஸ்டியஸ் (lepidosteus) ஏமியா (amia) போன்ற மீன்கள் இவ்வரிசையைச் சேர்ந்தவை. இவை வட அமெரிக்காவில் வாழ்கின்றன. டீலியாய்ஸ்டியை (teleostei) மேல் வரிசையைச் சேர்ந்த மீன்களில் மற்றவற்றைக் காட்டிலும் எலும்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகம். இவற்றில் இருபக்கக் குழியுடைய முள்ளெலும்புகள் உள்ளன. பெரும்பாலான மீன்களில் காற்றுப்பை உள்ளது. பெரும்பாலான உணவு மீன்கள், வீட்டில் வளர்க்கப்படும் பற்பல அழகான அலங்கார மீன்கள் இவ்வரிசையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

எலும்பு மீன்களின் முன்னோடிகள் தொடர்பான ஆய்வுகள் டிவோனியன் காலத்தில் இவை சேற்று நீரில் வாழ்ந்தவையாக அறிவிக்கின்றன.

- சி. சங்கரநாராயணன்

எலுமிச்சை

இதன் தாவரவியல் பெயர் சிட்ரஸ் ஆராண்ட்டிஃபோலியா (*Citrus aurantifolia*). இது ரூட்டேசி குடும்பத்தைச் சார்ந்தது. எலுமிச்சை வெப்ப மண்டலத்திலும், வெப்பச் சார்பு மண்டலத்திலும் 800 மீ உயரம் வரை நன்கு வளரும். தென் சீனா, இமய மலை ஆகியவற்றை எலுமிச்சையின் தாயகங்களாக ஆய்வாளர்கள் கருதுகின்றனர்.

உலகில் ஐம்பது நாடுகளில் எலுமிச்சை இனப் பயிர்கள் பயிரிடப்படுகின்றன. இவற்றுள் இந்தியா ஆறாம் இடத்தைப் பெறுகிறது. இந்தியாவில் தமிழ்நாடு, மத்தியப் பிரதேசம், ஆந்திரம், அசாம், கர்நாடகம், மகாராட்டிரம், பஞ்சாப் ஆகிய மாநிலங்களில் எலுமிச்சையினப் பயிர்கள் பயிரிடப்படுகின்றன. சிறிய கனி தரும் காகசீ எலுமிச்சையே இந்தியா முழுதும் பயிரிடப்படுகின்றது.

வளரியல்பு. இது பொதுவாக 30-35 ஆண்டுகள் இருக்கும். இது புதர்போல் படர்ந்து வளரும் முள் மரமாகும். நிரம்பக் கிளைகள் காணப்படுகின்றன. அவை குறுகலாகவும், கோணலாகவும் உள்ளன. இலையில் எண்ணெய்ச் சுரப்பிகள் புள்ளிகளாகத் தோன்றும். இலைகள் சிறியனவாகக் காம்பு இறக்கையுடன் காணப்படும்.

1. கிளை. **2.** புல்லிவட்டம். **3.** இதழ். **4 + 5.** மகரந்தத்தண்டு. **6.** பூ. **7.** சூல்தண்டு. **8 + 9.** சூலகம்.

மலர். தூய வெண்ணிறப் பூக்கள் சிறியனவாக உள்ளன. பூக்கள் 2-7 கொத்து கொத்தாக மலரும். சில சமயம் ஒரு பூவும் இருக்கலாம். அரும்பு வெண்மையாக இருக்கும். அகவிதழ் 4, புறவிதழ் 4-5, மகரந்தக் கேசரம் 20-25 உள்ளன.

சூலகம். சூலகத்தில் 9-12 அறைகள் உள்ளன. சூல்தண்டு விரைவில் உதிர்ந்துவிடும்.

கனி. கனிகள் சிறியனவாக வட்ட வடிவிலோ, முட்டை வடிவிலோ 3-4 செ. மீ. விட்டத்துடன் வழுவழுப்பாக மஞ்சள் நிறத்துடன் காணப்படும். மேல்தோல் மெல்லியதாகவும், பளபளப்பாகவும் உள்ளது. பச்சை நிறச் சதைப்பகுதி அமிலச்சாறு மிக்கதாக இருக்கும். எலுமிச்சம் சுளை புளிப்புச் சுவையும் மணமும் கொண்டது. விதைகள் வெண்ணிறமாக உள்ளன.

தகித்தி எலுமிச்சை. இலங்கையிலிருந்து வந்த தகித்தி எலுமிச்சை குறைந்த அளவில் பயிரிடப் படுகிறது. இவ்வகையில் பழங்கள் பெரியனவாகவும் நீண்ட வடிவத்துடனும் உள்ளன. மிகுதியாகக்

காய்க்கும். இது சொறி நோய் தாக்காத வகையாகும். நிறைந்த சாறும், குறைந்த விதையும் பழங்களில் காணப்படும். எலுமிச்சைச் சாற்றில் சிட்ரிக் அமிலம் நிறைந்துள்ளது. இதன் சாற்றில் சர்க்கரையைக் கலந்து பானமாக அருந்தலாம்.

எலுமிச்சையில் சிட்ரால், லிமோனின், லினலூல், லினைல் அசெட்டேட், டெர்பினியால், சிமின் என்னும் எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய எண்ணெய்ப் பொருள்கள் உள்ளன. இலைகளில் குமாரின் ஐசோபிம்பினலின், பெர்காப்டன், சிட்ரோப்டன் என்னும் பொருள்களும் உள்ளன.

எலுமிச்சை ஊறுகாய், தொக்கு, நசுக்குச்சாறு (squash), ஜெல்லி, மார்மலேட், பார்லி நீர், எலுமிச்சைச் சாறு நீர் (lime juice cordial) என்பன இதன் பிற செய்பொருள்களாகும். எலுமிச்சம் பழத்திலுள்ள மிகுதியான செம்புச்சத்து பல நோய்களைத் தீர்க்கும் வல்லமை கொண்டது. நாட்டு மருத்துவத்தின்படி இப்பழம் பித்த மயக்கம், வாந்தி, தாகம், யானைக்கால், கண்ணோய், காதுவலி முதலியவற்றைப் போக்கும். பசியைத் தூண்டும். நகச் சுற்றுக்கு நன்மைதரும். செரிக்கச் செய்யும், நீர் உணவில் இதன் இலையைச் சேர்த்து உண்டால் குளிர்ச்சி தரும்.

எலுமிச்சைச் சாற்றிலிருந்து தலைவலி, நீர்க்கோவை, மலச்சிக்கல், கல்லீரல் நோய், ஈளை இருமல், கடற்பயணிகளுக்கு வரும் மயக்கம், மஞ்சள் காமாலை, கணையால் ஏற்படும் நீர்ச்சுருக்கு, பல் நோய், சொறி, கரப்பான், வாதநோய்கள், மூட்டு வலி, கோடைக்கால வயிற்றுவலி, சேற்றுப்புண் ஆகியவற்றைத் தடுக்கும் மருந்துகளைத் தயாரிக்கலாம். வைட்டமின் C குறைவால் ஏற்படும் ஸ்கர்வி நோய்க்கு மருந்தாகவும், அந்நோய் வாராமல் தடுக்கும் உணவாகவும் எலுமிச்சை பயன்படுகிறது. எலுமிச்சம் பழத்தோல் மாடுகளுக்குத் தீவனமாகிறது. உலர்த்திய தோலால் பாத்திரங்களைத் தூய்மை செய்யலாம்.

பெரிய எலுமிச்சை (சிட்ரஸ் லிமன்). இதன் காய் நீள்சதுரமாக முனையில் காம்பு போன்ற புடைப்புடன் இருக்கும். எலுமிச்சையைப் போலவே இதன் கனியும் மிகுதியாகப் பயன்படும். இதன் ஊறுகாய் மண்ணீரல் வீக்கத்தைப் போக்கும். தோல், பசியை உண்டாக்கும். சொறி கரப்பானுக்குச் சிறந்தது. காய்ச்சல், அழற்சி, கீல்வாதம், சீதபேதி, வயிற்றுப் போக்கு முதலியவற்றிற்கும் இது மருந்தாகப் பயன்படுகிறது.

பயிரிடும் முறை. வடிகால் வசதி கொண்ட, மூன்று மீட்டர் ஆழம் வரை உள்ள மண் இப்பயிர் செய்ய ஏற்றது. களர் மற்றும் உவர் நிலங்கள் ஏற்றவையல்ல. எழுச்சியும், மிகுதியான காய்ப்புத் திறனும் கொண்ட மரங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து, அவற்றிலுள்ள பழங்களை அறுவடை செய்து விதை எடுத்து நாற்றுகள் தயார் செய்யவேண்டும்.

5மீ. இடைவெளியில் 75 செ. மீ. நீள, அகல, ஆழமுள்ள குழிகளைத் தோண்டி மட்கிய தொழு உரம், மணல், செம்மண் இட்டு நாற்றுகளை ஜூன் முதல் டிசம்பர் மாதத்திற்குள் நடவேண்டும். நன்கு காய்க்கும் ஒரு மரத்திற்கு 50 கிலோ தொழுஉரம், 1350 கிராம் யூரியா, 1250 கிராம் சூப்பர் பாஸ்ஃபேட், 500 கிராம் பொட்டாசியம் குளோரைடு போன்ற உரங்களை இட்டு நீர் பாய்ச்ச வேண்டும். செடிகள் வளர்ந்த பின்னர் துத்தநாகம், இரும்பு, மக்னீசியம் ஆகிய நுண் ஊட்டம் கலந்த உரக் கலவையை மூன்று மாதத்திற்கு ஒருமுறை தெளிக்க வேண்டும்.

மண் அமைப்பிற்குத் தக்கவாறு வாரம் ஒரு முறை நீர் பாய்ச்ச வேண்டும். எலுமிச்சைக்குப் பின் செய்நேர்த்தி தேவையாகும். களைகளை அவ்வப் போது வெட்டி நீக்கவேண்டும். செடி நட்டு மூன்று ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் எலுமிச்சை காய்க்கத் தொடங்கும். ஆண்டு முழுதும் காய்கள் காணப்படும். இருப்பினும் ஆண்டிற்கு இருமுறை (ஜனவரி, பிப்ரவரி; ஜூலை, ஆகஸ்ட்) அறுவடைப் பருவம் வரும். ஆண்டு ஒன்றிற்குச் சராசரியாக ஒரு மரத்திலிருந்து 1500 - 3000 பழங்கள் கிடைக்கின்றன.

எலுமிச்சை நோய்கள். எலுமிச்சை மரங்களைப் பச்சைப் புழுக்கள் தண்டு துளைப்பான்கள் (trunk borers) அசுவுணி, தத்தும் அசுவுணி, இலைத்துளைப்பான்கள், செதில் பூச்சி, மாவுப்பூச்சி, வெள்ளை ஈக்கள் ஆகிய பூச்சிகள் தாக்குகின்றன. இவற்றைப் போதிய பூச்சி மருந்துகள் தெளித்துத் தடுக்கலாம். எலுமிச்சை மரங்களைப் பூஞ்சைகள், பாக்டீரியா, வைரஸ் போன்றவை நோய்களை உருவாக்கி அழிக்கின்றன. இவற்றுள் திடீர் நலிவு நோய் (tristenga disease), சொறிநோய், திட்டுநோய் (canker), பிசின் வடிதல் (gummosis), நுனிக்கருகல் நோய் முதலியன குறிப்பிடத்தக்கவை.

- உ. அஞ்சனம் அழகியபிள்ளை

எலெக்ட்ரான்

இது அண்டத்திலுள்ள அனைத்துப் பருப்பொருள்களிலும் (matter) அடங்கியுள்ள அடிப்படைத் துகளாகும். இதுவே முதன்முதலாகக் கண்டறியப்பட்ட அடிப்படைத் துகள். 1895 இல் ஜெ.ஜெ. தாம்சனால் கண்டறியப்பட்ட எதிர்முனைக் கதிர்கள் இத்துகள்களால் ஆனவையே என மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. எலெக்ட்ரான் இலேசான பொருண்மையும் சிறிய அளவு மின்னூட்டமும் கொண்டு பேரளவு உயர்

வேகத்துடன் அணுக்கருவிற்கு வெளியே குறித்த பாதைகளில் இயங்குகின்ற துகளாகும். எலெக்ட்ரானின் நிறை பருப்பொருளின் நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துகளான புரோட்டான், மின்னூட்டமற்ற துகளான நியூட்ரான் ஆகியவற்றின் நிறையில் 1/1836 பங்கே ஆகும். இதன் நிறை $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ கிலோ கிராம் ஆகும்.

மின்னூட்டம். எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் எதிர்த்தன்மை கொண்டது. இதன் எதிர் மின்னூட்டம் $-e \simeq -1.6 \times 10^{-19}$ கூலும் ஆகும் ($-e \simeq -4.8 \times 10^{-10}$ நிலை மின் அலகு). இதன் மின்னூட்டம் புரோட்டானின் நேர் மின்னூட்டத்திற்குச் சமம். எலெட்ரானின் மின்னூட்டம் 1909 இல் முல்லிகன் என்பாரால் எண்ணெய்த்துளி ஆய்வு மூலம் மிக நுட்பமாகக் கணக்கிடப்பட்டது. இம்முறையில் காற்றில் தெளிக்கப்பட்ட எண்ணெய்த்துளி ஒன்று ஈர்ப்புப்புலம், மின்புலம் ஆகியவற்றின் செயற்பாட்டில் காற்றின் பாகுநிலை விசைக்கு எதிராக இயங்கும் போது அது திரட்டிக் கொள்ளும் மின்னூட்ட அளவு அளந்தறியப்பட்டது. இவ்விதம் அளந்தறியப்பட்ட மின்னூட்ட அளவுகள் ஒரு சிறும மதிப்பின் முழு மடங்குகளாக இருந்தமை காணப்பட்டது. இச்சிறும மதிப்பே எலெக்ரானின் மின்னூட்டமாகும்.

எலெக்ட்ரானும் பருப்பொருளும். கதிரியக்கத்தின் போது அணுக்கரு வெளியிடும் பீட்டாக் கதிர்கள் எலெக்ட்ரான்களால் ஆனவை. வேறு சிதைவு நிகழ்வுகளிலும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியாகின்றன. மின்னூட்டமுள்ள மேசான்கள் சிதைவுறும்போது இறுதி விடு துகளாக மேசானின் மின்னூட்டத்தைச் சுமந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியாகின்றன. இதுவரை அறிந்த விவரங்களின்படி எலெக்ட்ரான் நிலைப்பாடுடையதே. பருப்பொருளின் பெரும்பாகத்தை எலெக்ட்ரான்களே அடைத்துக் கொள்கின்றன. அணுக்கரு அணுவின் 10-13 பங்கையே அடைக்கிறது. மிகுதி இடத்தைக் கருவைச் சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான் மேகமே அடைத்துக்கொள்கிறது. பருப்பொருளின் வேதிப் பண்புகள் எலெக்ட்ரான் மேகத்தாலேயே நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன.

எலெக்ட்ரான் ஃபெர்மி-டிராக் புள்ளியியல் விதிக்குக் கட்டுப்படுவதால் அது ஒரு ஃபெரிமியான் எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. ஃபெர்மியானாதலால் எலெக்ட்ரான் பாலி ஒதுக்கல் கோட்பாட்டிற்கு உட்படுகிறது.

எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி. எலெக்ட்ரானின் அடிப்படைப் பண்புகளுள் ஒன்று சுழற்சி. இதன் காரணமாகவே தன்னுள் அமைந்த அச்சைப் பற்றிய கோண உந்தத்தை எலெக்ட்ரான் பெற்றுள்ளது. நுண்ணமைப்பு வரிகள், சீமன் விளைவு போன்ற நிகழ்ச்சிகளை விளக்க கூட்ஸ்மிட்டும் ஊலன்பெக்கும் 1925 இல் எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி பற்றிய கருத்தினை வெளியிட்டனர். புவி தனக்கென அமைந்த ஓர் அச்சில் தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொண்டு அதே சமயத்தில் சூரியனையும் சுற்றிக் கொண்டிருப்பதைப் போல் எலெக்ட்ரான் தனக்கென அமைந்த ஓர் அச்சில் தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொண்டிருப்பதுடன் குறிப்பிட்ட சுற்றுப்பாதையில் அணுக்கருவையும் சுற்றிக்கொண்டிருக்கிறது. எனவே எலெக்ட்ரானுக்குச் சுற்றுப்பாதை இயக்கம் காரணமாக ஒரு கோண உந்தமும் சுழற்சி இயக்கம் காரணமாக ஒரு கோண உந்தமும் ஆக இருகோண உந்தங்கள் உண்டு. எலெக்ட்ரானின் மொத்தக் கோண உந்தம் என்பது இவ்விரு கோண உந்தங்களின் தொகுபயனே ஆகும்.

எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சியின் அளவு $\frac{1}{2}\hbar$ ஆகும். $\hbar$ என்பது $\frac{h}{2\pi}$ ஆகும். (h - ப்ளான்க் மாறிலி). ஓர் எலெக்ட்ரான் இரு தற்சுழற்சி நிலைகளைப் பெற்றுள்ளது. இவை காந்தப்புலத் திசைக்கு இணையாகவோ எதிரிணையாகவோ அமைந்த நிலைகளே ஆகும். எலெக்ட்ரான் துகளாகக் கருதப்பட்டாலும் அதற்கு அலைப் பண்பு உண்டு என டீ ப்ராக்லி என்பார் விளக்கினார். இந்த எலெக்ட்ரான் அலையின் பண்புகளைக் கொண்டு எலெக்ட்ரானின் இயக்கம் கணிக்கப்பட்டது. ஒப்புமைக் கொள்கை மற்றும் குவாண்டம் இயக்கவியல் கோட்பாடுகளுக்கேற்ப டிராக் என்பார் எலெக்ட்ரானின் செயல்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்தும் சமன்பாடுகளை வெளியிட்டார். ஒப்புமையற்ற அலைக்கோவை இரு கூறமைந்த கோவை என்பதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு எலெக்ட்ரானின் இரு தற்சுழற்சி நிலைகளை விளக்கலாம். அலைக்கோவையின் ஒன்றையொன்று நேர் சாராத தன்னிச்சையான இரு திசையன்கள் எலெக்ட்ரான் பெற்றிருக்கக்கூடிய இரு தற்சுழற்சி நிலைகளைக் குறிக்கும்.

பாசிட்ரான். 1928 இல் டிராக் ஒப்புமை அலைச் சமன்பாட்டை அமைத்தார். இதன்படி எலெக்ட்ரானின் அலைக்கோவை நான்கு கூறுகளைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். எனவே குறித்த உந்தமுள்ள அலை நான்கு அகநிலைகளைப் பெற்றிருக்கும். இவை இரு மதிப்புகள் கொண்ட தற்சுழற்சி நிலைகளும் ஆற்றல் நிலைகளுமே ஆகும். p எனும் உந்தத்திற்கு ஆற்றல் $\pm\sqrt{(m_e c^2)^2 + p^2c^2}$ ஆகும் c ஒளியின் திசை வேகமாகும். டிராக் சமன்பாடுகள் எலெக்ட்ரானின் செயற்பாட்டினை நிறைவுபட விளக்கியதோடன்றி வேறோர் உண்மையையும் முன்னுரைத்தன. அதாவது எலெக்ரான்கள் தமது பொது நிலையான எதிர் மின்னூட்ட வடிவில் மட்டுமன்றி எதிர் ஆற்றலையும் நேர்மின்னூட்டத்தையும் பெற்றிருக்க முடியும் என்பதை இச்சமன்பாடுகள் விளக்கின. இத்தகு எதிர் ஆற்றலையும் நேர் மின்னூட்டத் துகளையும் கற்பனை செய்வது

கடினமாயிருந்தது. அப்போது தெரிந்திருந்த நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற துகள் புரோட்டான் மட்டுமே. அதுவோ எலெக்ட்ரானைப் போன்று 1836 மடங்கு நிறையுடையது. மேலும் இக்கொள்கையின்படி இந்த நேர் மின்னோட்டத் துகள் மிகக்குறுகிய காலத்திலேயே எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எலெக்ட்ரானுடன் வினையாக்கம் புரிந்து அதனை அழித்து விடும். அதாவது பருப்பொருளே அழிந்து விடும். ஆனால் எலெக்ட்ரான்கள் பாலியின் தவிர்க்கைக் கோட்பாட்டிற்குக் கட்டுப்படுவதை அடிப்படையாகக் கொண்டு இச்சிக்கலிலிருந்து விடுபடலாம். வெற்றிட வெளியில் அனைத்துக் குறை ஆற்றல் நிலைகளும் நிரம்பியனவாகக் கருதப்படுமானால் மேலும் எலெக்ட்ரான்கள் அந்நிலைக்கு வாரா. ஆயினும் எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலைப் பெற்று உயர் ஆற்றல் நிலைகளுக்குச் செல்ல முடியும். இந் நிகழ்ச்சி குறை ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களிடையே ஒரு துளையைத் தோற்றுவிக்கும். துளை என்பது குறை ஆற்றல் நிலை ஒன்றில் எலெக்ட்ரான் இல்லாமையைக் குறிக்கும். இத்துளையை மிகை ஆற்றல் பெற்றுள்ள பாசிட்ரானாகக் கருதலாம். பாசிட்ரான் 1932இல் சி,டி. ஆண்டர்சனால் காஸ்மிக் கதிர்கள் பற்றிய மேகக்கல ஆய்வுகளில் காணப்பட்டது.

காந்தச்சுழற்சி விளைவு. அணுக்கருவைச் சுற்றிய தனது சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தின் காரணமாகவும் தனது அச்சைப் பற்றிய தற்சுழற்சியின் காரணமாகவும் எலெக்ட்ரான் காந்தப் புண்புகளைப் பெற்றுள்ளது. மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு துகளின் இயக்கத்தினால் அதற்கு ஒரு காந்தச் சுழற்சி விளைவு உண்டாகும். ஆகவே இருவித இயக்கங்கள் கொண்ட எலெக்ட்ரானுக்கு இருவகையான காந்தச் சுழற்சி விளைவுகள் உண்டு. அணுவின் காந்தச் சுழற்சி விளைவு என்பது அதன் எலெக்ட்ரான்களின் இருவிதக் காந்தச்சுழற்சி விளைவுகளின் தொகுபயனே ஆகும். எலெக்ட்ரானின் காந்தச்சுழற்சி விளைவு $\mu_D = \frac{e\hbar}{2m_e}$ என டிராக் சமன்பாட்டின்படி முன்னுரைக்கப்பட்டது. ஆனால் மின் காந்தக் கதிர்வீச்சுத் திருத்தங்களின் காரணமாக எலெக்ட்ரானின் உண்மையான காந்தச்சுழற்சி விளைவான μ இம்முன்னுரைக்கப்பட்ட μ_D ன் மதிப்பிலிருந்து ஒரு சிறிது மாறுபடுகிறது. $\mu = 10011\mu_D$ ஆகும். சீரமைக்கப்பட்ட குவாண்டம் புலக்கொள்கையின்படி பெறப்பட்ட இம்மதிப்பு ஆய்வில் கண்டறியப்பட்ட மதிப்புடன் ஒத்து அமைகிறது.

- இரா. முத்துசாமி

எலெக்ட்ரான் அமைப்பு

தனிம அணுக்கருவைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் எவ்வாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதே அவ்வணுவின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பு எனப்படும். அணுக் கருவைச் சுற்றியுள்ள எலெக்ட்ரான் சூழல் எப்போதும் இயக்கநிலையில் இருப்பதால் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையான இடத்தில் இருப்பதாகக் கொள்ள முடியாது. மாறாக குவாண்டம் எண்களின் அடிப்படையில் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானின் நிலையைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளலாம். எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் நிலைகளைப் பற்றி நன்கு தெரிந்து கொள்ள நான்கு குவாண்டம் எண்கள் பயன்படுகின்றன.

அடிப்படைக் குவாண்டம் எண். இதன் குறியீடு n. இது அணுக்கருவிலிருந்து எலெக்ட்ரான் உள்ள இடத்தின் தொலைவை அல்லது எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல் மட்டத்தை தோராயமாகத் தெரிவிக்கிறது. எந்த அளவிற்கு n இன் மதிப்பு குறைவாக உள்ளதோ அந்த அளவிற்கு எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவிற்கு அருகில் நெருங்கியுள்ளது எனக் கொள்ளலாம். இதன் மதிப்பு ஒன்றிலிருந்து எந்தவொரு முழு எண்ணையும் பெற்றிருக்கலாம். அதாவது, n = 1,2,3,4 ஆகியவை முறையே K L M N ஆகிய கூடுகளைக் குறிக்கின்றன.

துணைக் குவாண்டம் எண். இதன் குறியீடு l. ஒவ்வோர் அடிப்படைக்குவாண்டம் ஆற்றல் நிலையும் பல துணை ஆற்றல் நிலைகளைப் பெற்றுள்ளன. இந்தத் துணை ஆற்றல் நிலைகள் துணைக் குவாண்டம் எண்கள் எனப்படுகின்றன. இவற்றின் மதிப்பு 0,1,2,3......... (n—1) வரை இருக்கும். துணைக் குவாண்டம் எண்கள் s(l=0), p (l=1), d (l=2) f (l=3) என்று ஆங்கில எழுத்துகளில் குறிக்கப்படுகின்றன. இவை s,p,d,f எலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் எனக்குறிக்கப்படுகின்றன. அதாவது எலெக்ட்ரான்களுக்கு l=0 எனில், அவை s எலெக்ட்ரான்கள் என்றும் l=1 எனில் p எலெக்ட்ரான்கள் என்றும், l=2 எனில் அவை d எலெக்ட்ரான்கள் என்றும் l=3 எனில் அவை f எலெக்ட்ரான்கள் என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன.

காந்தக்குவாண்டம் எண். இதன் குறியீடு m; இது ஓர் அணு, காந்தப்புல விசைக்கோடுகளுக்கேற்றவாறு புறவெளியில் எடுத்துக்கொள்ளும் வெவ்வேறு இடங்களைக் குறிக்கும். இதன் மதிப்பு 0...+l வரை இருக்கும். அதாவது ஒவ்வொரு துணைக் குவாண்டம் எண்ணிற்கும் மொத்தமாக (2l+1) மதிப்பு இருக்கும். சான்றாக, l=0 எனில் m இன் மதிப்பு 0; l=1 எனில் m=-1, 0, + 1 என மூன்று மதிப்புகளையும், l=2 எனில் m = 2,-1,0,1,2 என ஐந்து மதிப்புகளையும், l=3 எனில் -3, -2, -0, 1, 2, 3 என ஏழு மதிப்புகளையும் கொண்டிருக்கும்.

சுழற்சிக் குவாண்டம் எண். இதன் குறியீடு s; இது எலெக்ட்ரான் அச்சைச் சுற்றி தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்ளும் தன்மையுடன் தொடர்புடையது. எலெக்ட்ரானின் சுழற்சி, எதிர் எதிரான இரண்டு திசைகளில் நிகழக்கூடும். எனவே இது $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$ என்ற இரு மதிப்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது

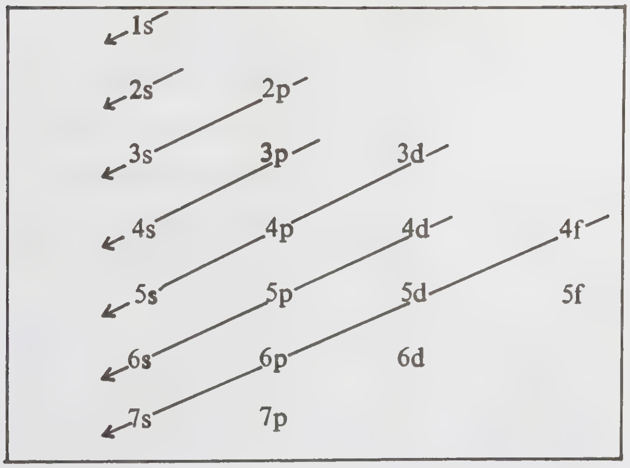
+, — குறிகள் எலெக்ட்ரான்கள் சுழலும் திசையைக் குறிக்கும்.

எனவே ஓர் அணுவிலுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானைப் பற்றிய முழு விவரம் அறிந்து கொள்ள மேற்கூறிய நான்கு குவாண்டம் எண்களும் அவசியமாகின்றன. ஓர் அணுவில் எந்த இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும், நான்கு குவாண்டம் எண்களுக்கும் ஒத்த மதிப்புகளைப் பெற்றிருக்க முடியா என்பது பாலியின் ஒதுக்குதல் தத்துவமாகும். அதாவது இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் முதல் மூன்று குவாண்டம் எண்களுக்கு (n,l,m) ஒத்தமதிப்புகளைப் பெற்றிருப்பினும், அவற்றின் நான்காம் குவாண்டம் எண் (s) மாறுபட்டிருக்கவேண்டும் ($\frac{1}{2}$(அ) $-\frac{1}{2}$). எனவே, ஒவ்வொரு துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலம், கூடு ஆகியவற்றின் உச்ச வரம்பு எலெக்ட்ரான் ஏற்புத்திறனை நிர்ணயிக்கலாம். p, d, f ஆகிய எலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முறையே 3, 5, 7 துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் இருப்பதால் இவற்றின் உச்சவரம்பு எலெக்ட்ரான் ஏற்புத்திறன் முறையே 6, 10, 14 எலெட்ரான்கள். ஒவ்வொரு கூட்டிலும் உள்ள மொத்த எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை $2n^2$ ஆகும். அதாவது KLMN ... கூடுகளில் 2, 8, 18, 32 ...... என அமைகின்றன.

எலெக்ட்ரான்கள் எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் நிரப்பப்படும் போது, முதலில் குறைந்த ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் நிரப்பிய பின்னர் அதிக ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் நிரப்பப்படும். எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களின் ஆற்றல் ஏறுவரிசையில் பின்வருமாறு உள்ளது.

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s$$

இதனை எளிதில் நினைவு கொள்ளும் பொருட்டுக் கீழ்வருமாறு எழுதலாம்.



எனவே, s, p, d, f ஆகிய எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் மொத்தமாக எலெக்ட்ரான்கள் நிரம்பும் வரிசை மேற்கூறியவாறுள்ளது. ஆனால் p, d, f எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் ஒவ்வொன்றிலும் முறையே, 3, 5, 7 துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் ஒத்த ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பதால் அவற்றில் எலெக்ட்ரான்கள் எவ்வரிசையில் நிரம்புகின்றன என்பதை ஹீண்டு விதி மூலம் நிர்ணயிக்கலாம். அதன்படி ஓர் எலெக்ட்ரான் மண்டலத்தை எடுத்துக் கொண்டால் அதனுடைய அனைத்துத் துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களும் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானைப் பெறும் வரை அதன் எந்தத் துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலமும் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களைப் பெறுவதில்லை. சான்றாக, p எலெக்ட்ரான் மண்டலத்தில் எலெக்ட்ரான்களைச் சேர்க்கும் போது ஒவ்வொரு துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலத்தில் (p_x p_y p_3) ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானைச் சேர்த்த பின்னர், நான்காம் எலெக்ட்ரானை மீண்டும் p_x துணை எலெக்ட்ரான் மண்டலத்தில் சேர்க்க வேண்டும்.

நைட்ரஜன் $(N_7) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

ஆக்சிஜன் $(O_8) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

தனிம அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பைப் பின்வரும் அட்டவணையில் காணலாம்.

அணு எண்	தனிமம்	எலெக்ட்ரான் அமைப்பு
1.	H	$1s^1$
2.	He	$1s^2$
3.	Li	[He] $2s^1$
4.	Be	[He] $2s^2$
5.	B	[He] $2s^2\ 2p^1$
6.	C	[He] $2s^2\ 2p^2$
7.	N	[Ne] $2s^2\ 2p^3$
8.	O	[He] $2s^2\ 2p^4$
9.	F	[He] $2s^2\ 2p^5$
10.	Ne	[Ne] $2s^2\ 2p^6$
11.	Na	[Ne] $3s^2$
12.	Mg	[Ne] $3s^2$
13.	Al	[Ne] $3s^2\ 3p^1$
14.	Si	[Ne] $3s^2\ 3p^2$
15.	P	[Ne] $3s^2\ 3p^3$
16.	S	[Ne] $3s^2\ 3p^4$

அணு எண்	தனிமம்	எலெக்ட்ரான் அமைப்பு	அணு எண்	தனிமம்	எலெக்ட்ரான் அமைப்பு
17.	Cl	[Ne] $3s^2$ $3p^5$	54.	Xe	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^6$
18.	Ar	[Ne] $3s^2$ $3p^6$	55.	Ce	[Xe] $6s^1$
19.	K	[Ar] $4s^1$	56.	Ba	[Xe] $6s^2$
20.	Ca	[Ar] $4s^2$	57.	La	[Xe] $5d^1$ $6s^2$
21.	Sc	[Ar] $3d^1$ $4s^2$	58.	Ce	[Xe] $4f^1$ $5d^1$ $6s^2$
22.	Ti	[Ar] $3d^2$ $4s^2$	59.	Pr	[Xe] $4f^2$ $6s^2$
23.	V	[Ar] $3d^3$ $4s^2$	60.	Nd	[Xe] $4f^3$ $6s^2$
24.	Cr	[Ar] $3d^4$ $4s^2$	61.	Pm	[Xe] $4f^4$ $6s^2$
25.	Ma	[Ar] $3d^5$ $4s^2$	62.	Sm	[Xe] $4f^5$ $6s^2$
26.	Fe	[Ar] $3d^6$ $4s^2$	63.	Eu	[Xe] $4f^6$ $6s^2$
27.	Co	[Ar] $3d^7$ $4s^2$	64.	Gd	[Xe] $4f^7$ $5d^1$ $6s^1$
28.	Ni	[Ar] $3d^8$ $4s^2$	65.	Tb	[Xe] $4f^9$ $6s^2$
29.	Cu	[Ar] $3d^{10}$ $4s^1$	66.	Dy	[Xe] $4f^{10}$ $6s^2$
30.	Zn	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$	67.	Ho	[Xe] $4f^{11}$ $6s^2$
31.	Ga	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^1$	68.	Er	[Xe] $4f^{12}$ $6s^2$
32.	Ge	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^2$	69.	Tm	[Xe] $4f^{13}$ $6s^2$
33.	As	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^3$	70.	Yb	[Xe] $4f^{14}$ $6s^2$
34.	Sc	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^4$	71.	Lu	[Xe] $4f^{14}$ $5d^1$ $6s^2$
35.	Br	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^5$	72.	Hf	[Xe] $4f^{14}$ $5d^2$ $6s^2$
36.	Kr	[Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$	73.	Ta	[Xe] $4f^{14}$ $5d^3$ $6s^2$
37.	Rb	[Kr] $5s^1$	74.	W	[Xe] $4f^{14}$ $5d^4$ $6s^2$
38.	Sr	[Kr] $5s^2$	75.	Re	[Xe] $4f^{14}$ $5d^5$ $6s^2$
39.	Y	[Kr] $4d^1$ $5s^2$	76.	Os	[Xe] $4f^{14}$ $5d^6$ $6s^2$
40.	Zr	[Kr] $4d^2$ $5s^2$	77.	Ir	[Xe] $4f^{14}$ $5d^7$ $6s^2$
41.	Nb	[Kr] $4d^3$ $5s^2$	78.	Pt	[Xe] $4f^{14}$ $5d^9$
42.	Mo	[Kr] $4d^4$ $5s^2$	79.	Au	[Xe] $4f^{14}$
43.	Tc	[Kr] $4d^5$ $5s^2$	80.	Hg	[Xe] $4f^{14}$ 5d
44.	Ru	[Kr] $4d^6$ $5s^2$	81.	Tl	[Xe] $4f^{14}$ 5d
45.	Rh	[Kr] $4d^7$ $5s^2$	82.	Pb	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^2$
46.	Pd	[Kr] $4d^8$ $5s^2$	83.	Bi	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^3$
47.	Ag	[Kr] $4d^{10}$ $5s^1$	84.	Po	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^4$
48.	Cd	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$	85.	At	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^5$
49.	In	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^1$	86.	Rn	[Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^6$
50.	Sn	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^2$	87.	Fr	[Rn] $7s^1$
51.	Sb	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^3$	88.	Ra	[Rn] $7s^2$
52.	Te	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^4$	89.	Ac	[Rn] $6d^1$ $7s^2$
53.	I	[Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^5$	90.	Th	[Rn] $6d^2$ $7s^1$

அணு எண்	தனிமம்	எலெக்ட்ரான் அமைப்பு
91.	Pa	[Rn] $5f^2$ $6d^1$ $7s^2$
92.	U	[Rn] $5f^3$ $6d^1$ $7s^2$
93.	NP	[Rn]. $5f^4$ $6d^1$ $7s^2$
94.	Pu	[Rn] $5f^6$ $7s^2$
95.	Am	[Rn] $5f^7$ $7s^2$
96.	Cm	[Rn] $5f^7$ $6d^1$ $7s^2$
97.	Bk	[Rn] $5f^9$ $7s^2$
98.	Cf	[Rn] $5f^{10}$ $7s^2$
99.	Es	[Rn] $5f^{11}$ $7s^2$
100.	Fm	[Rn] $5f^{12}$ $7s^2$
101.	Md	[Rn] $5f^{13}$ $7s^2$
102.	No	[Rn] $5f^{14}$ $7s^2$
103.	Lr	[Rn] $5f^{14}$ $7s^2$
104.	Rf	[Rn] $5f^{14}$ $6d^2$ $7s^2$
105.		[Rn] $5f^{14}$ $6d^3$ $7s^2$

அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பு அடிப்படையில் தனிமங்களைப் பின்வரும் நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

வளிமத் தனிமங்கள். இவற்றின் அணுக்கள் எல்லா எலக்ட்ரான் மண்டலங்களிலும் உச்சவரம்பு எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவை வினைகளில் மந்தமாகச் செயல்படுவதற்கு இவற்றின் இந்நிலையான எலெக்ட்ரான் அமைப்பே காரணமாகும்.

மாதிரித் தனிமங்கள். இவற்றின் அணுக்கள், வெளிக் கூட்டைத்தவிர, அதற்குக் கீழ் உள்ள எல்லா எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களிலும் உச்சவரம்பு எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றுள்ளன. எல்லா அலோகங்களும் இவ்வகையைச் சார்ந்தவையே. இத்தனிமங்கள் வினைப்படும்போது எலெக்ட்ரான்களை இழப்பதன் மூலம் அல்லது பெறுவதன் மூலம் மந்த வளிமங்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பைப் பெறுகின்றன.

இடைநிலைத் தனிமங்கள். இவ்வகைத் தனிமங்களுடைய அணுக்களின் வெளிக்கூட்டில் பொதுவாகக் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. ஆனால் ஈற்றயல் கூடுகளில் (penultimate shells) எலெக்ட்ரான்கள் நிரம்பி வருகின்றன. எனவே இவற்றின் பொது அமைப்பு $(n-1)d^1\ ns^2 \ldots\ldots (n-1)d^{10}ns^2$ வரையே ஆகும். இவ்வாறு 3d,4d மற்றும் 5d எலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் நிரம்புவதற்கேற்ப. மூன்று இடைநிலைத் தனிமவரிசைகள்உள்ளன, அவைSc-Zn, y-Cd மற்றும் La-Hg வரை உள்ள தனிமங்களாகும்.

உள் இடைநிலைத் தனிமங்கள். இவ்வகைத் தனிமங்களுடைய அணுக்களின் அக ஈற்றயல் கூடுகளில் (antipenultimate elements) எலெக்ட்ரான்கள் படிப் படியாக நிரம்புகின்றன. ஆனால் இரண்டு வெளிக் கூடுகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுடைய எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. இவற்றில்4fஎலெக்ட்ரான் மண்டலங்கள் மற்றும்5fஎலெக்ட்ரான் மண்டலங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் நிரம்புவதற்கேற்ப இரண்டு வரிசைகள் உள்ளன. அவை முறையே லாந்தனைடுகள் (Ce-Lu) ஆக்டினைடுகள் (Th-Lw) ஆகும்.

-எஸ், கருப்பண்ணன்

எலெக்ட்ரான், அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி

இயக்க ஆற்றலைக் கொண்ட எலெக்ட்ரான் அல்லது அயனி ஒரு பொருளின் பரப்பில் கனத்தாக்கு (impact) நிகழ்த்தும் போது பொருளின் கட்டமைப்புக்கும் அதிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கும் அடுத்தடுத்த மோதல்களால் ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. இதனால் பரப்பிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள், அயனிகள் மற்றும் அணுக்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. கனத்தாக்கு நிகழ்த்தும் துகள் முதன்மைத்துகள் என்றும், இதனால் பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் துகள் விளைவுத் துகள் என்றும் கருதப்படும். முதன்மைத் துகள்கள் பொருளில் மோதிச் சிதறி வெவ்வேறு திசையில் பிரதிபலித்த முதற்கட்டத் துகள்களாகவும் செல்கின்றன. பொருளுக்குக் கொடுத்த ஆற்றலினால் கதிர்வீச்சுப் பாதிப்பு என்ற இடப் பெயர்ச்சி முதலான கட்டமைப்புக் குறைபாடுகளும், கிளர்ச்சியடைந்த எலெக்ட்ரான் கீழ்நிலைகளுக்குத் தாவி வெளியிடும் ஒளிர்வும் உண்டாகின்றன.

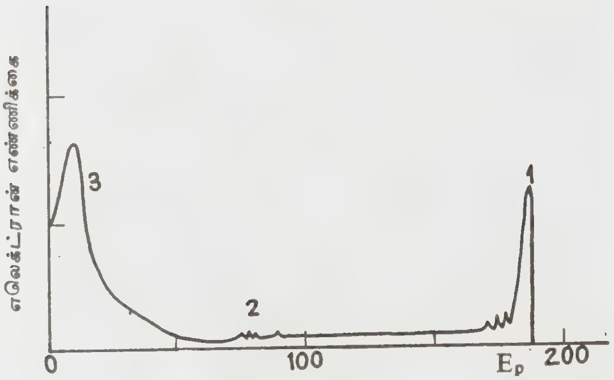
கட்டமைப்புக் குறைபாடு, ஒளிர்வு முதலான வெவ்வேறு நிகழ்ச்சிகள் ஒவ்வொரு முதன்மைத் துகளுக்கும் வெவ்வேறு அளவில் உண்டாகின்றன. நிகழ்தகவு எண் (probability coefficient) மூலம் இந்த அளவு குறிக்கப்படுகிறது. பரப்பின் தன்மை, அதன் தூய்மை, கட்டமைப்பு, முதன்மைத் துகள் பரப்பில் விழும் கோணம் முதலானவற்றைப் பொறுத்து இந்த எண் பெரிதும் மாறுபடுகிறது.

எலெக்ட்ரான் கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி

விளைவு எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம். ஒரு பரப்பில் எலெக்ட்ரான் கனத்தாக்கு நிகழ்த்தும்போது வெளிப்படும் விளைவு எலெக்ட்ரான்கள் மற்றும் பிரதிபலித்த முதன்மை எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல்

வரைபடத்தை படம் -1 இல் காணலாம். இதில் முதற் பகுதியில் எதிர்பலித்த முதன்மை எலெக்ட்ரான்களும், மூன்றாம் பகுதியில் விளைவு எலெக்ட்ரான்களும், இரண்டாம் பகுதியில் இவற்றில் இரண்டு சிறிய பிரிவுகளும் உள்ளன.

முதன்மை எலெக்ட்ரான் மோதும்போது பொருளில் மெலிதாகக் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்வுற்று இடம் பெயர்ந்து பொருளை ஊடுருவி, விளைவு எலெக்ட்ரான்களாக வெளியேறுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சிக்கான எண் (இந்த முறையில் வெளியேறிய) எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் முதன்மை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள பின்னம், உலோகம் மற்றும் பகுதிக் கடத்திகளில் 1-1.5 வரையிலும், அரிதல் கடத்தியில் 10-20 வரையிலும் இருக்கும். படம்-1இல் மூன்றாம் பகுதியில் இவை இருக்கின்றன.



E_p என்பது முதற்கட்ட எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல்

படம் 1.

முதன்மை எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் அதிகமாக இருந்தால் பொருளில் கடினமாகக் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்களை அது வெளியேற்ற முடியும். இந்தக் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான் இருந்த நிலைக்கு மேல் நிலையிலிருந்து எலெக்ட்ரான் தாவும் போது வெளிப்படும் ஆற்றலை மெலிதாகக் கட்டுண்ட மற்றோர் எலெக்ட்ரான் பெற்று பொருளிலிருந்து வெளியேறும். இவ்வாறு வெளியேறிய எலெக்ட்ரான் ஆகர் எலெக்ட்ரான் என்றும், இந்நிகழ்ச்சி ஆகர் எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் என்றும் கருதப்படும். இந்த எலெக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட இயக்க ஆற்றல்களை மட்டும் கொண்டுள்ளன. படம் - 1 இல் இரண்டாம் பகுதியில் இவை தனித் தனியாக இயக்க ஆற்றல் முகடுகளாக உள்ளன. ஆகர் எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல்கள் இருந்த அணுவைப் பொறுத்ததாகையால், பரப்பில் காணப்படும் அணுக்களையும் அவற்றின் எண்ணிக்கையும் அறிய இவை உதவுகின்றன.

பிரதிபலித்த எலெக்ட்ரான். பரப்பிலிருந்து பிரதிபலித்த முதன்மை எலெக்ட்ரான்கள் முதற் பகுதியிலும், பொருளின் உள்ளிருந்து எதிர்பலித்துச் சிதறிய முதன்மை எலெக்ட்ரான்கள், இரண்டாம் பகுதியிலும் படம் 1 இல் உள்ளன. பொருளிலுள்ள எலெக்ட்ரான் வளிமத்தில் பிளாஸ்மா அதிர்வுகளை உண்டாக்கியதால் முதன்மை எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் குறிப்பிட்ட அளவாகக் குறைந்து படம் 1 இல் முதற்பகுதியில் சிறு சிறு முகடுகளாகத் தோன்றும். பொருளின் அணு எண் அதிகமானால் எதிர்பலிப்பு எண் (reflection coefficient) அதிகமாகும். ஆனால் இது முதன்மை எலெக்ட்ரானின் வேகத்தைப் பொறுத்து மாறுவதில்லை.

எலெக்ட்ரான் தூண்டிய அணு வெளியேற்றம். எலெக்ட்ரானின் நிறையைவிட அணுவின் நிறை மிகவும் அதிகமாக இருப்பதால் எலெக்ட்ரான் அணுவின் மீது மோதும்போது குறைவான ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. இந்த ஆற்றல் அணுவை வெளியேற்ற முடியாது. ஆனால், பொருளுடன் பரப்பிலுள்ள அணுவைப் பிணைக்கும் எலெக்ட்ரானை முதன்மை எலெக்ட்ரான் மோதி வெளியேற்றுவதால் பிணைப்பு முறிந்து மெலிதாகக் கட்டுண்ட அந்த அணு வெளியேறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியே எலெக்ட்ரான் தூண்டிய அணு வெளியேற்றம் எனப்படும்.

ஒளிர்வு நிகழ்வு. முதன்மை எலெக்ட்ரான் பரப்பில் மோதும்போது பல முறைகளில் ஒளிர்வு நிகழ்கிறது. அகலப்பட்டை ஒளிர்வு (broad band luminescence) பொருளின் தன்மையைப் பொறுத்தது. முதன்மை எலெக்ட்ரானால் கிளர்வுற்ற எலெக்ட்ரான்கள் தவிர்க்கப்பட்ட பட்டைப் பிளவைத் (forbidden band gap) தாண்டிக் கீழ் நிலைகளுக்குத் தாவும் போது இவ்வொளிர்வு ஏற்படுகிறது எதிர்மின் ஒளிர்வு எனப்படும் இவ்வொளிர்வு தவிர்க்கப்பட்ட பட்டைப்பிளவு அதிகமாக உள்ள அரைக்கடத்தியிலும் அரிதில் கடத்தியிலும் நன்கு காணப்படும். எனினும், உலோகத்திலும் இது காணப்படுகிறது.

உலோகத்தில் கிளர்ச்சியடைந்த எலெக்ட்ரான் கூட்டதிர்வு (collective oscillation) ஓயும்போது பிளாஸ்மான் கதிர்வீச்சு (plasmon radiation) என்ற ஒளிர்வு நிகழ்கிறது. எலெக்ட்ரானும் பொருளில் தோன்றும் அதன் பிம்பமும் அழிவுறுவதால் இந்த ஒளிர்வு பரப்பில் நிகழ்கிறது. கூலம் வெளியில் (coulomb field) எலெக்ட்ரான் திசை மாறுவதாலும் வேகம் குறைவதாலும் பொருளின் உள்ளிருந்து பிரம்ஸ்ட்ராலாங் கதிர்வீச்சு என்ற ஒளிர்வு நிகழ்கிறது.

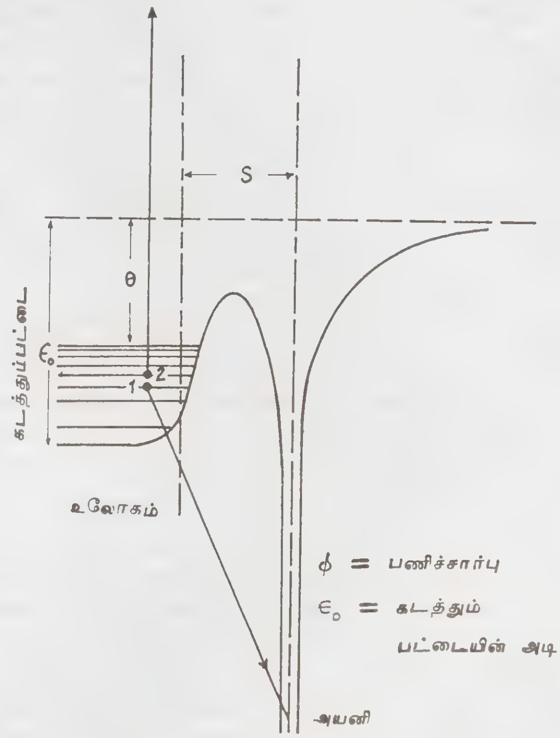
அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி

இரண்டாம் கட்ட எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம். அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சியில் அயனி, அணு போன்றவை முதன்மைத் துகளாக இருக்கும். இவற்றின் அமைப்பைப் பொறுத்துக் கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி சிக்கலாக உள்ளது. ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து சில ஆம்ஸ்ட்ராங் (Å—10^{-8}செ.மீ) தொலைவில் ஓர் அயனி இருக்கும்போது நிலை ஆற்றல் ஊடுருவி எலெக்ட்ரான்-1 அயனியின் அடிநிலையை அடைகிறது. இந்த மாற்றத்தில் வெளிப்படும் ஆற்றலைப் பெற்று எலெக்ட்ரான்-2 பரப்பிலிருந்து ஆகர் முறையில் விளைவு எலெக்ட்ரானாக வெளியேறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி அயனியின் எல்லா இயக்க ஆற்றலிலும் ஏற்படும். பொருளில் நுழையுமுன் அயனியுடன் ஓர் எலெக்ட்ரான் சேர்ந்ததால் விளைவு எலெக்ட்ரான் வெளிப்பட்டது. மேலும், அயனி அணுவாகிறது. நியூட்ரான், அணு முதலிய மின்னேற்றமற்ற துகள்களால் இந்நிகழ்ச்சி ஏற்படாது.

துகள்கள் பொருளினுள் நுழைந்து மோதும் போதும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை எலெக்ட்ரான் கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சியில் வெளியேற்றப்பட்ட அடிப்படையில்தான் வெளியேற்றப்படுகின்றன. அயனிக்கும் எலெக்ட்ரானுக்கும் நிறையில் அதிக வேறுபாடு இருப்பதால் அயனி மோதி எலெக்ட்ரானுக்குக் குறைந்த ஆற்றலையே கொடுக்கும். அதனால் அதிக ஆற்றலற்ற அயனிகள் எலெக்ட்ரானை மோதி வெளியேற்ற முடியாது.

பிரதிபலித்த அயனிகள். அயனி பொருளிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களுடன் மோதும்போது சிறிதளவு ஆற்றலையே கொடுப்பதால் எலெக்ட்ரான்களுடன் அதன் ஆற்றலில் அதிக மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. பொருளின் அணுக்களோடு அது மோதும்போது தான் அதிக ஆற்றலைக் கொடுத்துத் திசைமாறிச் செல்கிறது. குறைந்த ஆற்றல் கனத்தாக்கு நிகழ்வில் இவ்வாறு திசைமாறிய அயனியின் ஆற்றல் இழப்பு அது மோதிய அணுவின் நிறையையும், திசை மாற்றத்தையும் பொறுத்திருக்கும். இந்த ஆற்றல் இழப்பை அளந்து பரப்பிலுள்ள அணுக்களை ஆராயலாம். அதிக ஆற்றல் கனத்தாக்கு நிகழ்வில் இவ்வாறு திசைமாறிய அயனியின் ஆற்றல் இழப்பு அது மோதிய அணுவின் நிறையையும், திசை மாற்றத்தையும் பொறுத்திருக்கும். இந்த ஆற்றல் இழப்பை அளந்து பரப்பிலுள்ள அணுக்களை ஆராயலாம். அதிக ஆற்றல் கனத்தாக்கு நிகழ்வில் பொருளினுள் அயனி புகுந்த தொலைவிற்குத் தகுந்தவாறு பிரதிபலித்த அயனியின் ஆற்றல் இழப்பு தொடர்ந்து மாறுபடும்.

எதிர்பலித்த துகள்களில் அயனிகளும் அணுக்களும் உண்டு. இவற்றின் எண்ணிக்கை மோதிய துகள்கள் பொருளின் பரப்பில் உண்டாக்கும் இடைவினையைப் பொறுத்தது. பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் அயனி பரப்பிற்கருகில் படம் 2 இல் காட்டியபடி ஓர் எலெக்ட்ரானைப் பெற்று அணுவாகலாம். கனத்தாக்கு துகள் பொருளினுள் இருக்கும்போது அயனிகளும், அணுக்களும் வெவ்வேறு அளவில் வெளிப்படலாம். பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் துகள்களில் சில கிளர்ச்சியடைந்து அணுநிறமாலையைக் கொடுக்கும்.



படம் 2. உலோகப் பரப்பில் S தொலைவில் அயனி இருக்கும்போது நிலையாற்றல்

அணுத்தெறிப்பு (sputtering). ஒரு பரப்பில் அயனி கனத்தாக்கும்போது அதிலுள்ள அணுவில் மோதி ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. இவ்வாற்றல் போதுமானதெனின் அணு பரப்பிலிருந்து தெறித்து வெளியேறுகிறது. இதன் இயக்க ஆற்றல் ஒருசில எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டாகும். இந்நிகழ்ச்சிக்குரிய எண் புரோட்டான் போன்ற இலேசான முதன்மைத் துகள்களுக்கு 10^{-3} அளவிலும், காரீய அயனி போன்ற கனமானவற்றிற்கு 10 அளவிலும் இருக்கும். தெறித்த துகள்களில் அயனிகளும் அணுக்களும் உண்டு. இவற்றின் எண்ணிக்கை, பரப்பிற்கும் தெறித்த துகள்களுக்கு உள்ள இடைவினையைச் சார்ந்தது. பரப்பிலிருந்து தெறித்த அயனி அணுவாகும் முறையை படம் 2இன் மூலம் விளக்கலாம். தெறித்த துகள்களில் கூடக்குறைய 10%, மூலக்கூறுகளாக வெளிப்படுகின்றன. ஒரே நேரத்தில் இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட அணுக்கள் தெறிக்கின்றன என்பதை இது காட்டுகிறது. தெறித்த துகள்களில் சில பரப்பிற்கருகில் கிளர்ச்சியடைந்து நிறமாலையை வெளியிடுகின்றன.

ஒளிர்வு நிகழ்ச்சி. எலெக்ட்ரான் கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சியில் ஒளிர்வு உண்டானதுபோலவே அயனி கனத்தாக்குதலிலும் உண்டாகிறது. பொருளினுள் ஏற்படும் அயனி ஒளிர்வு எதிர்மின் ஒளிர்வைப் போன்றது. அயனி கனத்தாக்குதலால் ஏற்பட்ட கதிர்வீச்சு பாதிப்பைச் சார்ந்து சிக்கலாக இருக்கும்.

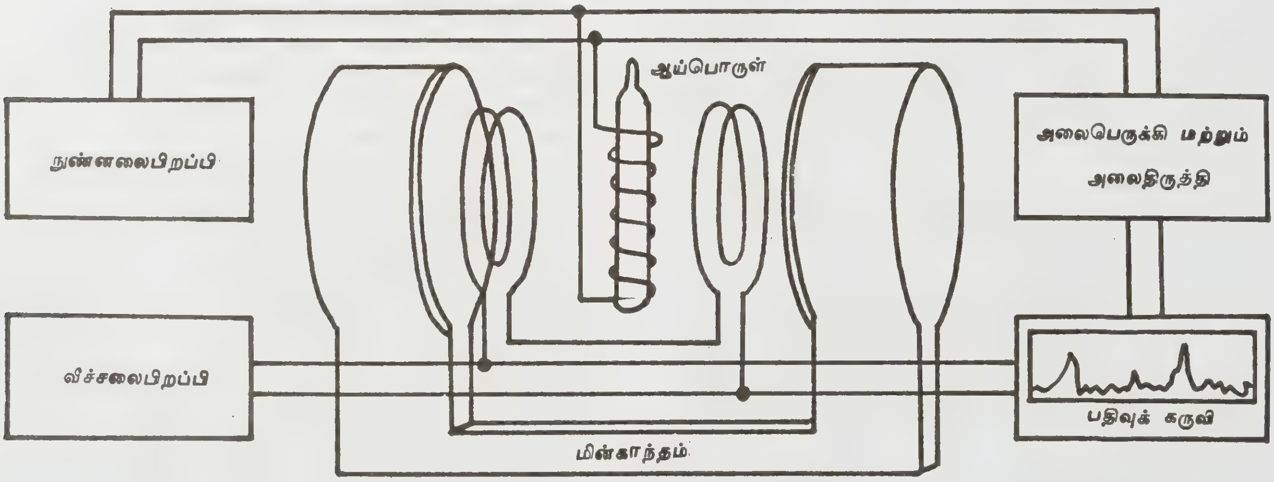
படிகக் கட்டமைப்பு விளைவு. எளிய கனசதுரப் படிகத்தில் அதன் பக்கங்களுக்கு இணையாக அணுக்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகவும் வரிசையாகவும், அவற்றிற்கிடையில் திறந்த பாதையாகவும் இருக்கும். இந்தப் பாதைகளின் வழியாகச் செலுத்தப்படும் துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களின் மீது மட்டும் மோதிச் சிறிதளவு ஆற்றலை மட்டும் இழப்பதால் நெடுந் தொலைவு செல்ல முடியும். பிரதிபலிப்பு எண்ணும், வெளியேற்று எண்ணும் மிகவும் குறைவாக இருக்கும். கட்டமைப்புக் குறைபாடுகள் இருந்தால் திறந்த பாதையில் சில இடங்களில் அணுக்கள் தடையாக இருக்கும். இவற்றில் மோதும் துகள்கள் பிரதிபலிப்பதாலும் மற்ற அணு, அயனிகளை வெளியேற்றுவதாலும் பிரதிபலிப்பு எண்ணும், வெளியேற்று எண்ணும் அதிகமாக இருக்கும். இதன் மூலம் கட்டமைப்புக் குறைபாடுகளை ஆராயலாம்.

பயன்கள். பரப்பிலுள்ள அணுக்களை ஆராய்ந்து தேவைக்கேற்ப மாற்றியமைக்க எலெக்ட்ரான் மற்றும் அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி பயன்படுகிறது. தூய்மையான பரப்பை உருவாக்கி வெற்றிடத்தில் அதன் மீது எலெக்ட்ரான் மற்றும் அயனி கனத்தாக்கு நடத்தும் போது வெளிப்படும் ஆகர் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலை அளவிட்டுப் பரப்பின் தன்மையை ஆராயலாம். இக்கருவி ஆகர் எலெக்ட்ரான் நிறமானி எனப்படும். விளைவு எலெக்ட்ரான் வெளியேற்ற எண் 1 ஐவிட அதிகமாக உள்ள பொருளைப் பயன்படுத்தி மிகக் குறைந்த மின்சாரத்தை அதிகப்படுத்தலாம். ஒளி பெருக்கிக் குழாயில் (photomultiplier tube) இந்நிகழ்வு நடைபெறுகிறது. அணுத்தெறிப்பு மூலம் பொருளிலிருந்து ஒவ்வோர் அணுப் பரப்பாகப் பிய்த்து உட்பரப்பை ஆராயலாம். ஒரு பரப்பைத் தூய்மைப்படுத்தவும், சமப்படுத்தவும், மேலுள்ள அணுப்பரப்பை நீக்கி உட்பரப்பைக் காணவும் அணுத்தெறிப்பு பயன்படுகிறது. தெறித்த அணுக்களின் நிறையை அளவிட்டுப் பரப்பின் தன்மையை ஆராய விளைவு அயனி நிறைமானி உதவுகிறது.பரப்பில் மோதிச் சிதறிய குறைந்த ஆற்றல்கொண்ட முதன்மை அயனிகளின் ஆற்றலை அளந்து பரப்பை ஆராயலாம். இக்கருவி அயனிச் சிதறல் நிறைமானி எனப்படும். படிகக் கட்டமைப்பின் திறந்த பாதைகளில் முதன்மைத் துகள்களைச் செலுத்திப் பிரதிபலிப்பு எண், வெளியேற்ற எண், அயனிகளின் நிறை முதலானவற்றை அளவிட்டுக் கட்டமைப்புக் குறைபாடுகளைக் கண்டறியலாம்.

- ஆர். கேசவமூர்த்தி

எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு

காந்தத் தற்சுழற்சித் தன்மையுள்ள ஓர் அணுவமைப்பை வலிவான நிலைக்காந்தப் புலத்தில்வைத்து அதனூடே மாறுதிசை கொண்ட மற்றொரு காந்தப்



படம் 1. காந்த ஒத்திசைவு ஆய்வு அமைப்பு

புலத்தைத் திணிக்க ஆற்றல் உட்கவர்வு ஏற்படுகிறது. இந்நிகழ்வு எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி ஒத்திசைவு என்றும் எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு (electron paramagnetic resonance) என்றும் குறிப்பிடபடுகிறது. எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு ஆய்வுகளை முதன்முறையாக (1945-ஆம் ஆண்டு) திண்மப் பொருள்களில் ஆய்ந்து வெளியிட்டோர் சோவியத் ஒன்றிய அறிவியலாரே ஆவர்.

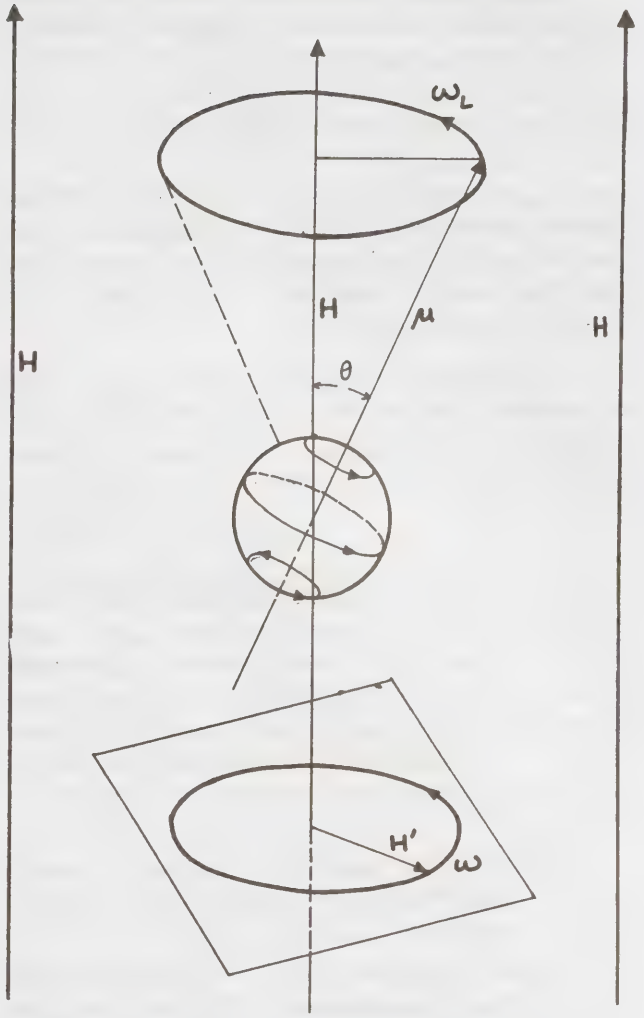
நேர்திசை மின்னோட்டத்தினால் உருவாகும் காந்த முனைகளுக்கிடையில் ஆய்வுப்பொருள் வைக்கப்படுகிறது. ஆய்வுப்பொருளைச் சுற்றியமைந்த கம்பிச்சுருள், நுண்ணலை அதிர்வுக் காந்தப் புலத்தை உருவாக்குகிறது. நிலைகாந்தப் புல வலிமையைச் சிறிது மாற்றியமைத்து ஆய்வுப்பொருளில் ஒத்திசைவு உண்டாக்க வீச்சலை பிறப்பி துணை செய்கிறது. காந்த ஒத்திசைவின்போது ஏற்படும் ஆற்றல் உட்கவர்வைப் பதிவுக்கருவி உயர்ச்சிகளாக வெளிக்காட்டுகிறது (படம் 1).

ஓர் அணுக்கருவைச் சுற்றி வலம் வரும் எலெக்ட்ரான் ஒவ்வொன்றுக்கும் அதனையொத்த எதிர்த் தற்சுழற்சி கொண்ட எலெக்ட்ரான் இருப்பதுண்டு. இவை இணைபொருந்திய எலெக்ட்ரான்கள் எனப்படும். சிலஅணுவமைப்புகளின் கூடுகளில் இடம்பெறும் எலெக்ட்ரான்கள் இணைப்பொருத்தமில்லாமல் அமைவதும் உண்டு. இவை அணுவமைப்பில் நிகர காந்தத் திருப்பு திறனை உண்டாக்கி அணுவை ஒரு நுண் காந்தம் போலச் செயல்படச் செய்கின்றன. இவ்வகைக்காந்தப் பண்பு கொண்ட அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றைப் பொதுவாக இணை காந்தப் பொருள் என்பர்.

ஓர் இணைகாந்தப் பொருளை வலிமையான நிலைகாந்தப் புலத்தில் வைக்கும்போது அதிலுள்ள நுண்காந்தங்கள் புலத்திசையில் அணிசேர முயலுகின்றன. காந்தப் புலத்தில் அணிசேரும் இந்த நுண் காந்தங்களின் தற்சுழலச்சு புலத்திசையை ஓர் அச்சாகக் கொண்டு சுழன்று வரும். (படம் 2 இல் காண்க). இந்நிகழ்வைப் புவி ஈர்ப்புப் புலத்தில் தலையசைந்தாடும் பம்பரத்தின் நிலைக்கு இணையாகக் கூறலாம்.

மாறுதிசைகொண்ட நுண்ணலை காந்தப்புலத்தில் (H^1) அதிர்வெண் (ω) லார்மர் அதிர்வெண்ணுக்குச் (ω_L) சமமாகும்போது காந்த ஒத்திசைவு ஏற்படுகிறது.

அணுவமைப்பு ஒன்றில் காந்த ஒத்திசைவு உண்டாக்க, காந்தத் திருப்புதிறனும், கோண உந்தமும் தேவையான காரணிகளாக அமைகின்றன. அணு அல்லது அணுக்கரு, தற்சுழற்சியாலோ, அணுக்கருவை மையமாகக் கொண்டு இயங்கும் எலெக்ட்



படம் 2, நிலைகாந்தப் புலத்தில் (H) சுழன்று வளையவரும் காந்தத் திருப்புதிறனின் (நுண்காந்தத்தின்) நிலை.

ரான்களாலோ, மூலக்கூறுகளின் சுழலியக்கத்தால் ஏற்படும் அணுக்கரு மின்னோட்டத்தாலோ காந்தத் திருப்புத் திறனும் (M) அதன் தொடர்புடைய கோண உந்தமும் (J) உருவாகின்றன. (வாய்பாடு 1)

$$M = rJ \rightarrow \quad (1)$$

காந்தச் சுழலாழி விகிதத்தைக் குறிக்கும் r ஒரு மாறிலியாகும். புறத்தே செயல்படும் காந்தப்புலத்தாலோ அருகில் செயல்படும் அணுக்கரு, அணு அல்லது மூலக்கூறுகளால் விளையும் காந்த இருமுனைப் புலத்தாலோ ஓர் அணுவமைப்பில் முறுக்குவிசையை உண்டாக்கலாம். எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவில், முறுக்கு விசையை உண்டாக்க, புறத்தே செயல்படும் நிலைகாந்தப் புலம் (H) உதவுகிறது.

முறுக்கு விசை காரணமாகக் கோண உந்தத்தில் ஏற்படும் காலச் சார்புடைய மாற்றங்கள் வாய்பாடு இல் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

$$\frac{dJ}{dt} = M \times H \text{ அல்லது } \frac{dM}{dt} = rM \times H \rightarrow \quad 2$$

அவை நுண்காந்தத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட கோண அதிர்வெண்ணோடு (rH) காந்தப் புலத்திசையில் சுழன்றாடச் செய்கின்றன. இந்த அதிர்வு நுண்காந்தத்தின் இயல் அதிர்வு என்றும், லார்மர் அதிர்வு ω_L என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது.

காந்தப்புலத்தில் சுழன்று வளையவரும் நுண் காந்தத்தின் இயல் அதிர்வு (ω_L) காந்தப்புல வலிமையோடு (H) நேர்விகிதப் பொருத்தம் கொண்டிருக்கிறது (வாய்பாடு 3).

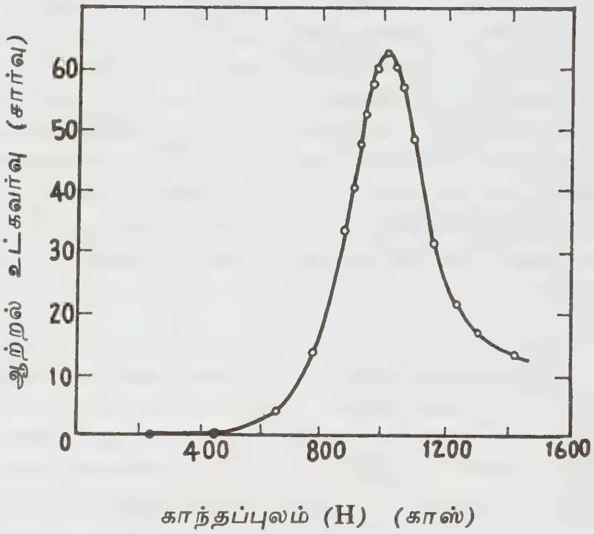
$$\omega_L = rH$$

இந்நிலையில் காந்தப்புலத்திற்குச் (H) செங்குத்துத் திசையில் நுண்காந்தத்தின் இயல் அதிர்வுக்குச் சமமான அதிர்வெண் கொண்ட நுண்ணலைகளை அதாவது மாறுதிசைக் காந்தப்புலத்தைத் [$H^1 \cos \omega t$] திணிக்க ஆற்றல் உட்கவரப்பட்டு இணைகாந்தம் வேறு ஆற்றல் மட்டங்களுக்குச் செல்கிறது. இந்நிகழ்வு இணைகாந்த ஒத்திசைவு எனச் சுட்டப்படுகிறது.

நுண்ணலையின் அதிர்வெண்ணுக்கும் (f) நிலைக் காந்தப் புலத்திற்குமுள்ள தொடர்பை வாய்பாடு 4 இல் காணலாம்.

f (கிகா சைக்கிள்) = 2.8 H (கிலோ காஸ்) இணைகாந்தப் பொருளினூடே ஆய்வு முறையில் அளந்தறியப்படும் ஆற்றல் உட்கவர்வு நுண்ணலை அதிர்வெண்ணின் இருமருங்கிலுள்ள குறுகிய எல்லையில் நிகழ்கிறது (படம் 3).

குவாண்டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் இணைகாந்த ஒத்திசைவை ஒரு நிறப்பிரிகை நிகழ்ச்சி என்றும் கூறலாம். இணைகாந்தப்பொருளின் நுண்காந்தங்கள் நிலைகாந்தப் புலத்தின் வலிமையைப் (H) பொறுத்துச் சில வரையறுக்கப்பட்ட எண்ணிக்கையிலான ஆற்றல் மட்டங்களில் முனைகின்றன. இம்முனைவுகளுக்கு இடைப்பட்ட ஆற்றல் வேறுபாடு, காந்தப் புல வலிமையைக் கூடுதலாக்குகிறது. இந்நிலையில் இரு முனைவுகளுக்குள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு, நுண்ணலைக் குவாண்டம் ஆற்றலுக்குச் (hf) சமமாகும்போது நுண்காந்தம் ஒரு முனைவிலிருந்து அடுத்த நிலைக்குத் தாவுகிறது. (இங்கு h பிளாங்க் மாறிலி). நுண்ணலைகளின் அதிர்வெண்ணையோ (f) காந்தப்புல வலிமையையோ மாற்றி இணைகாந்தப் பொருளின் பல்வேறு ஆற்றல் மட்டங்களில் ஒத்திசைவு உண்டாக்கி நிறமாலை பெறலாம். இணைகாந்தப் பொருளினூடே உட்கவரப்பட்ட ஆற்றல் அளவுக்கும் காந்தப் புல வலிமைக்குமுள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வரைபடம் (படம்-3) ஒத்திசைவு நிறமாலை எனப்படும்.



படம் 3.

மாங்கனீஸ் சல்ஃபேட்டில் ஜாவோய்ஸ்கி நிகழ்த்திய முதல் இணைகாந்த ஒத்திசைவு ஆய்வு, நுண்ணலை அதிர்வெண் 2.75 கிகா சைக்கிள்; ஆய்வுப்பொருள் வெப்பநிலை 298K

பயன்கள். இணைகாந்தப் பொருள்களை அடையாளம் காணவும், மூலக்கூறு அமைப்புகளிலுள்ள வேதிப் பிணைப்புக் கூறுகளை ஆராயவும் எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு பயன்படுகிறது. உயிரியல் மற்றும் மருத்துவ அறிவியல் துறையில் ஓர் ஆய்வு முறையாக இணைகாந்த ஒத்திசைவு பயன்படுகிறது.

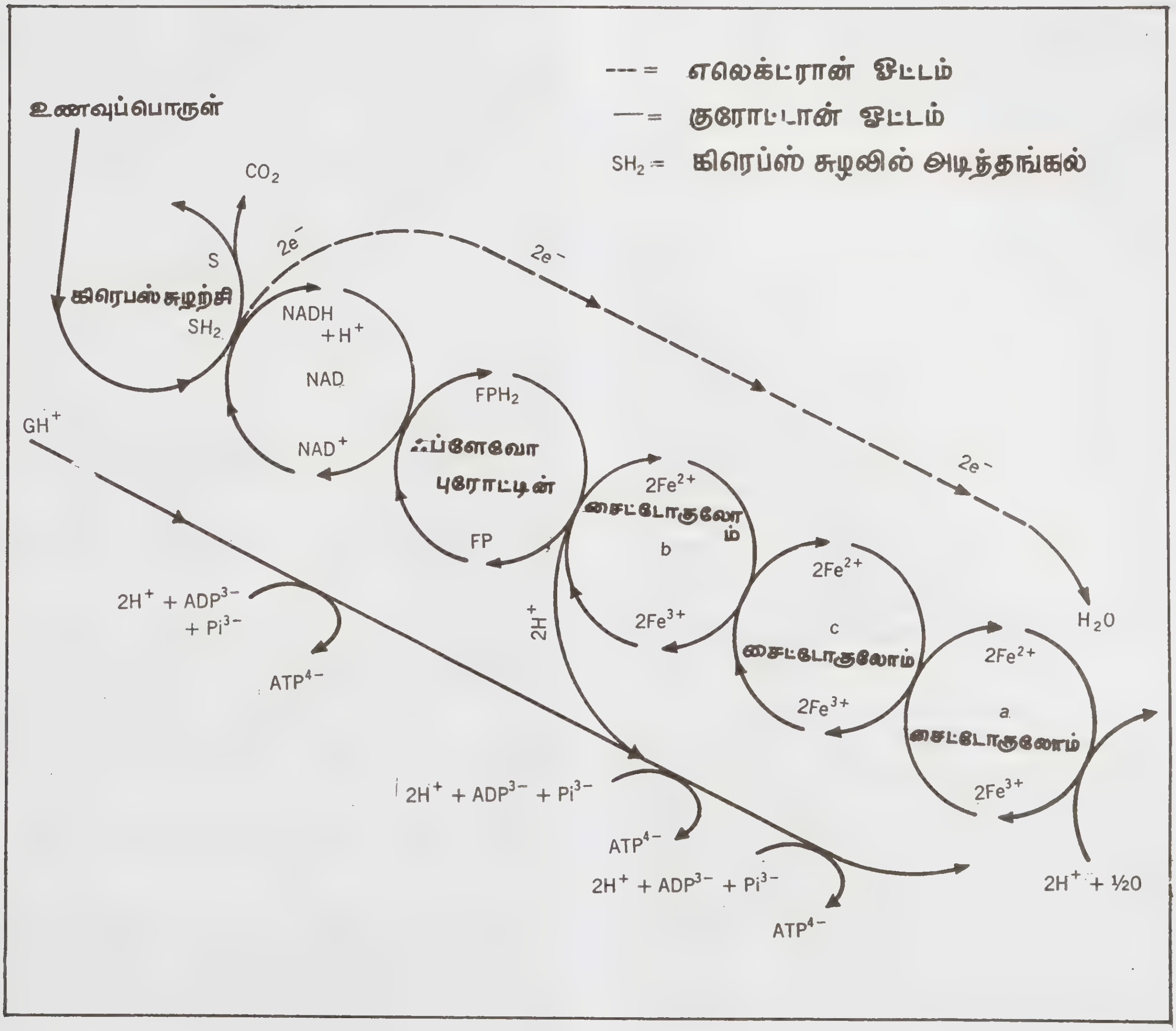
இடப்பெயர்வுத் தனிமங்கள், அதாவது அணுவின் உள்ளடுக்கில் முழுதும் நிரம்பாத எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்ட தனிமங்கள், தனித்த நிலையிலுள்ள அணுக்கூறு அமைப்புகள், உலோகங்கள், இணைகாந்தப் பண்புகொண்ட பழுதுகள் மற்றும் மாசு மையங்கள் அடங்கிய பொருள்களில் இணைகாந்த ஒத்திசைவு நிகழ்வு பரவலாகக் காணப்படுகிறது.

- எஸ். சீனிவாசன்

எலெக்ட்ரான் கடத்தல்

மைட்டோகோண்டிரியாவில் நடைபெறும் கிரெப்ஸ் சுழற்சியில் (Kreb's cycle) ஏற்படும் தொடர் வேதி வினை மாற்றங்களில் ஆக்சிஜனேற்றப்படும் செயல் களையும், அத்துடன் தொடர்புடைய பல வேதி மாற் றங்களையும் ஈ.டி.பி. எனும் எலெக்ட்ரான் போக்கு வரத்து (electron transport) என்று குறிப்பிடுவர். கிரெப்ஸ் சுழற்சியில் ஹைட்ரஜன் அயனிகளைப் பிரித்து மைட்டோகோண்டிரியாவின் புறச்சவ்வுக்குச் செலுத்தும் செயலே குறிப்பாக ஈ.டி.பி. எனும் செயலாகும்.

இவ்வாறு கடத்தப்படும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகள் ஓர் ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுடன் இணைந்து வளர்சி...த மாற்ற நீராக உடலுக்குள் உருவாகிறது. இவ்வாறு ஓர் எலெக்ட்ரான் கடத்தப்படுவதால் மூன்று ஏ.டி.பி. (ATP) மூலக்கூறுகள் உண்டாவதாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இவ்வேதி மாற்றங்கள் மைட்டோ காண்டிரியாவில் நடைபெறுவதாலேயே மைட்டோகாண்டிரியாவைச் செல்லின் ஆற்றல் நிலையம் என்பர்.



- கோவி. இராமசுவாமி

எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல்

ஒரு மூலக்கூறிலுள்ள ஓர் அணுவின் எலெக்ட்ரான்களைத் தன்பக்கம் கவர்ந்து இழுக்கக்கூடிய ஆற்றல் அவ்வணுவின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் (electro-negativity) எனப்படும். எனவே வரையறைப்படி, எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் என்பது தனித்த நிலையில் உள்ள ஓர் அணுவின் பண்பன்று. மாறாக, ஒரு மூலக்கூறிலுள்ள அணுவின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மையைக் குறிக்கிறது.

சான்றாக, ஹைட்ரஜனும் குளோரினும் இணைந்து உருவான HCl மூலக்கூறில், இரு அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மை வேறுபடுவதால் முனைவு ஏற்படுகிறது. குளோரினின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மை, ஹைட்ரஜனுக்குள்ளதைவிட மிகுதியாக இருப்பதால், சகபிணைப்பிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் குளோரினைச் சார்ந்து இருக்கும். ஆகவே மூலக்கூறில் இருமுனைவு (dipole) ஏற்படுகிறது.

$$\overset{\delta+}{H}\ldots\ldots\overset{\delta-}{Cl}$$

அயனியாக்க ஆற்றலை அளவிடுவதுபோல எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலை நேரடியாக ஆய்வு மூலம் அளவிட முடியாது; ஆனால் பிற ஆய்வுகளி னால் கிடைத்த மதிப்புகளைக் கொண்டு கணக்கிடலாம். சான்றாக அயனியாக்க ஆற்றல், எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு (electron affinity), வினைவெப்பம் பிணைப்பு ஆற்றல், நெருக்கிப் பொதியப்பட்ட எலெக்ட்ரான் மேகங்களின் கணக்கீடு, அணுவின் புறப்பரப்பிலுள்ள பயனுறு அணுக்கரு மின்னேற்றக் கணக்கீடு, உலோகங்களின் செயல்திறன் அகச்சிவப்பு நிரலியல் மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்ட விசை மாறிலிகள் முதலிய பல முறைகளைத் தொடர்பு படுத்தி எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைக் கணக்கிடலாம்.

முதன் முதலில் வெப்ப வேதிக் கணக்கீடுகளிலிருந்து மூலக்கூறுகளின் பிணைப்பு ஆற்றலை அளவிடுவதன் மூலம் பாலிங் என்பார் வெவ்வேறு தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலை அறிந்தார். இம்முறை பாலிங் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடு எனப்படுகிறது. இதற்குப் பின்னர் முல்லிக்கன், சாண்டர்சன், ஆல்ரெட்-ரொக்கோ ஆகியோரின் ஆய்வின் பயனாகப் புதிய அளவீடுகள் வரையறுக்கப்பட்டன. எல்லா அளவீடுகளும் ஏறத்தாழ ஒன்றையொன்று ஒத்த மதிப்புகளைப் பெற்றிருந்தன. ஆயினும் பாலிங் அளவீடே வேதியியலில் பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பாலிங் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடு. A, B ஆகிய இரு தனிம அணுக்களாலான ஒரு சகபிணைப்பு ஈரணு மூலக்கூறின் (A-B) பிணைப்பு ஆற்றல், அத் தனிமங்களின் ஒரு படித்தான ஈரணு மூலக்கூறுகளின் (A-A, B-B) பிணைப்பு ஆற்றல்களின் சராசரிக்குச் சமமாயிருக்கும் என்று பாலிங் கருதினார். அதாவது,

$$E_{A-B} = \frac{E_{A-A} + E_{B-B}}{2}$$

இதில் E என்பது பிணைப்பு ஆற்றலைக் குறிக்கும். ஆனால் பல மூலக்கூறுகளின் பிணைப்பு ஆற்றல், அவற்றையொத்த ஒருபடித்தான மூலக்கூறுகளின் சராசரி ஆற்றலைவிட அதிகமாக உள்ளதைக் கண்டார். சான்றாக, ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறின் பிணைப்பு ஆற்றல் 104. 2 கி. கலோரி; குளோரின் மூலக்கூற்றின் பிணைப்பு ஆற்றல் 57. 8 கி. க.; எனவே சராசரிப் பிணைப்பு ஆற்றல் $(104.2 + 57.8)/2 = 81.0$ கி.க. பாலிங் கருத்துப்படி, ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறு ஒரு சகபிணைப்பு மூலக்கூறாக இருப்பின் இதன் பிணைப்பு ஆற்றல் 81. 0 கி. கலோரிக்குச் சமமாக இருக்கும். ஆனால் மூலக்கூறின் பிணைப்பு ஆற்றல் வெப்ப வேதிக் கணக்கீடுகளின்படி, 103. 2 கி. கலோரி ஆக உள்ளது. எனவே இதிலிருந்து ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறு சகபிணைப்பு மூலக்கூறாக இல்லாமல், பகுதி அயனிப் பண்பைக் கொண்ட மூலக்கூறாக உள்ளது என அறியலாம். பகுதி அயனிப்பண்பு காரணமாக ஹைட்ரஜன் மற்றும் குளோரின் இடையே நிலைமின் விசை தோன்றுவதால் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறின் நிலைப்புத் தன்மை அதிகரிக்கிறது. எனவே ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறு மிகு பிணைப்பு ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளது.

ஆய்வுகளினால் கணக்கிடப்பட்ட பிணைப்பு ஆற்றலுக்கும், நேரடியாகக் கணக்கிடப்பட்ட சக பிணைப்புச் சேர்மங்களின் சராசரிப் பிணைப்பு ஆற்றலுக்கும் உள்ள வேறுபாடு அயனி உடனிசைவு ஆற்றல் எனப்படுகிறது. இது $\triangle$ எனக் குறிக்கப் படுகிறது.

HCl இன் அயனி உடனிசைவு ஆற்றல் $= 103.2 - 81.0 = 22.2$ கி.கலோரி.

இவ்வாறு பல்வேறு மூலக்கூறுகளின் அயனி உடனிசைவு ஆற்றல்களைக் கணக்கிட்டு அவற்றின் அடிப்படையில் தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைக் கணக்கிட, பாலிங் பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தினார்.

$$X_A - X_B = 0.208\sqrt{\triangle_{AB}}$$

இதில், X_A = A இன் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல்

X_B = B இன் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல்

AB=A-B = A-B இன் அயனி உடனிசைவு ஆற்றல். ஆற்றலின், கி. கலோரி அலகை எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகாக மாற்ற 0. 208 என்ற காரணி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இச்சமன்பாடு இரு தனிம அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் வேறுபாட்டைக் கொடுக்கிறது. எனவே ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைக் கணக்கிட ஏதாவது ஒரு தனிமத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பைக் கற்பனை செய்து கொள்ளவேண்டும். பாலிங் ஹைட்ரஜனின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலை 2. 1 எனக் கற்பனை அலகிட்டு அதன் அடிப்படையில் மற்ற தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டார். தொகுதி I - VII வரை உள்ள தனிமங்களுக்குப் பாலிங் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் மதிப்புகள் பின் வருமாறு:

I	II	III	IV	V	VI	VII
H						H
2.1						2.1
Li	Be	B	C	N	O	F
1.0	I.5	2.0	2.S	3.0	3.5	4.0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
O.a	1.2	1.S	1.8	2.1	2.5	3.0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0.8	1.0	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0.8	1.0	1.7	1.8	1.9	2.1	2.5
Cs	Ba	Tl	Pu	Bi	Po	At
0.7	0.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2
Fr	Ra					

இந்த அட்டவணையிலிருந்து பின்வரும் உண்மைகளை அறியலாம். பெரிய அணுக்களுடன் ஒப்பிடும் போது, சிறிய அணுக்கள் அதிக எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன; வெளி எலெக்ட்ரான் கூடு ஏறத்தாழ நிரம்பிய ஹாலோஜன்களுடன் ஒப்பிடுகையில் கார உலோகங்கள் குறைந்த எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன.

காட்டாக, தனிம அட்டவணையில் மிக அதிக எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள தனிமம் ஃபுளூரின்; மிகக் குறைந்த எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைக் கொண்டுள்ள தனிமம் ஃபிரான்சியம்; எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல், அணு எண் ஏறுவரிசைக்கேற்ப தனிம வரிசைப் பண்பைக் கொண்டுள்ளது. ஒரு வரிசையில் இடமிருந்து வலமாகத் தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மை படிப்படியாக அதிகரிக்கிறது. இதற்குக் காரணம் தனிமங்களின் அணுக்கரு மின்னேற்றம் அதிகரிப்பதே ஆகும். மாறாக, ஒரு வரிசையில் மேலிருந்து கீழாக நோக்கும்போது எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் சீராகக் குறைகிறது. இதற்குக் காரணம் இறங்கு வரிசையில் அணுவின் பருமன் படிப்படியாக அதிகரிப்பதே ஆகும்.

பொதுவாக, பிணைப்பில் ஈடுபடும் தனிம அணுக்கள் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மையில் போதுமான அளவு வேறுபடுமாயின் அவற்றிடையே நிகழும் பிணைப்பு அயனிப் பிணைப்பாக இருக்கும். எ. கா. NaCl

முல்லிக்கன் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடு. இவ்வளவீட்டின்படி, ஓர் அணுவின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அவ்வணுவின் அயனியாக்க ஆற்றல் (ionisation potential), எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு ஆகியவற்றின் சராசரிக்குச் சமம்.

எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் = $\frac{1}{2}$ (அயனியாக்க ஆற்றல் + எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு)

முல்லிக்கன் அளவீட்டை மற்றொரு வாய்பாட்டாலும் குறிப்பிடலாம்.

$$X_A = \frac{\text{அயனியாக்க ஆற்றல் - எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு}}{5.6}$$

இதில் 5.6 என்பது அளவீட்டைச் சீர் செய்யும் காரணி. அதாவது, அயனியாக்க ஆற்றலுக்கும் எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்புக்குமிடையே உள்ள வேறுபாட்டை 5.6 ஆல் வகுத்தால் வரும் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் மதிப்பு (முல்லிக்கன் அளவீடு) பாலிங்கின் அளவீட்டு மதிப்புக்குச் சமமாக உள்ளது.

சாண்டர்சன் அளவீடு. இதன்படி, ஓர் அணுவின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடு ஒரு நிலைப்பு விகிதம் ஆகும்.

ஓர் அணுவின் சராசரி எலெக்ட்ரான் அடர்த்திக்கும் கணக்கீடுகளுக்காகக் கற்பனைப்படுத்தப்பட்ட

மந்த அணுவின் எலெக்ட்ரான் அடர்த்திக்கும் உள்ள விகிதமே நிலைப்பு விகிதம் எனப்படும்.

$$\text{நிலைப்பு விகிதம் (S.R)} = \frac{D}{D_i}$$

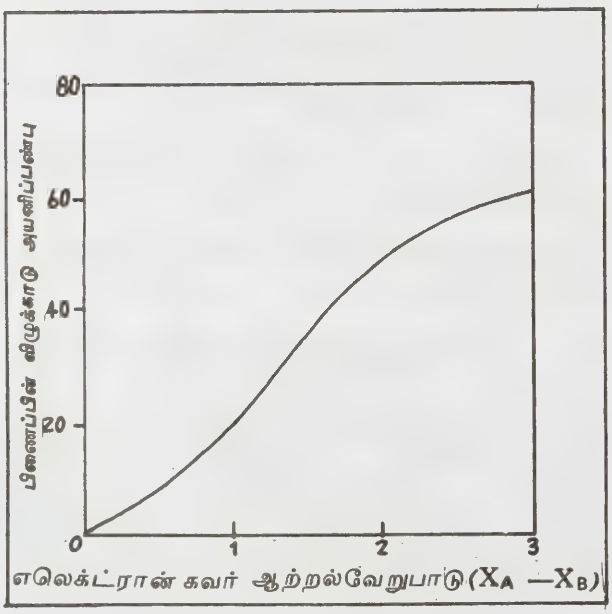
D= அணுவின் சராசரி எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி

D_i= கற்பனை மந்த அணுவின் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி.

சாண்டர்சன் மதிப்பையும் பாலிங்கின் மதிப்பையும் (X) பின்வரும் சமன்பாட்டின் மூலம் தொடர்புப் படுத்தலாம். ஜெர்மானியம், ஆர்செனிக், ஆண்ட்டிமனி தவிர மற்ற தனிமங்களுக்கு இரு அளவீடுகளும் ஒத்த மதிப்புகளைக் கொடுக்கின்றன.

$$\sqrt{X} = 0.21\ S.R + 0.77$$

எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடுகளின் பயன். ஒரு பிணைப்பின் விழுக்காட்டு அயனிப் பண்பைக் கணக்கிடலாம். எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் வேறுபாட்டிற்கும் பிணைப்பின் விழுக்காட்டு அயனிப் பண்புக்கும் உள்ள தொடர்பைப் பின்வரும் வரைபடம் மூலம் பாலிங் தெரிவித்தார்.



இதிலிருந்து தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் மதிப்புகளைக் கொண்டு அவை ஏற்படுத்தும் பிணைப்பின் விழுக்காட்டு அயனிப் பண்பை அறியலாம்.

ஒரு பிணைப்பின் வலிமை அல்லது நிலைப்புத் தன்மையை இதன் மூலம் அறிய முடிகிறது. பொதுவாக A, B ஆகிய இரு தனிமங்கள் அவற்றின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மையில் தேவையான அளவு வேறுபடின், A-B பிணைப்பின் வலிவும் அதிகமாக உள்ளது. சான்றாக, ஹைட்ரஜன் ஹாலைடுகளின் வலிவு பின்வருமாறு படிப்படியாகக் குறைகிறது.

$$HF > HCl > HBr > HI$$

அதிக எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள தனிமங்கள் அலோகங்களாகவும், குறைந்த எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள தனிமங்கள் உலோகங்களாகவும் உள்ளன. எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஒரு வரிசையில் அதிகரிப்பதாலும், தொகுதியில் குறைவதாலும், இந்த அளவீடு தனிமங்களிடையே ஒரு மூலைவிட்டத் தொடர்பை ஏற்படுத்துகிறது.

வெவ்வேறு தொகுதிகள் மற்றும் வரிசைகளில் உள்ள தனிம அணுக்களை ஒப்பிட இந்த எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடுகள் உதவுகின்றன. கரிம வேதி வினைகளில் ஈடுபடும் அணுக்கள் அல்லது தொகுதிகளின் எலெக்ட்ரான் கவர் தன்மை எலெக்ட்ரான் வெறுக்கும் தன்மை ஆகியவற்றை அறிந்து வேதிக் கொள்கைகளை வகுக்க மேற்கூறிய அளவீடுகள் பயன்படுகின்றன.

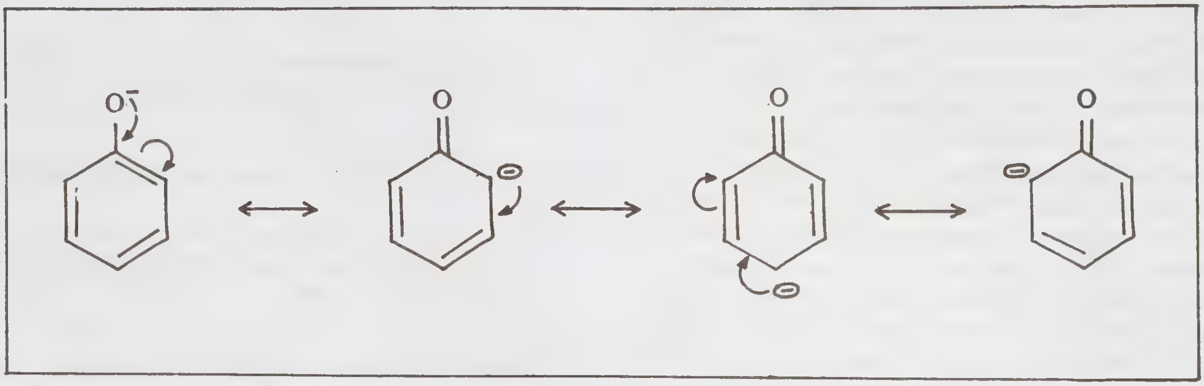
உப்புகள் நிறமுடையனவா, நிறமற்றறவையா என அறியலாம். பொதுவாக, நிறமுடைய சேர்மங்கள் 20% க்கும் குறைவான அயனிப் பண்புடைய பிணைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன. ஒரு சேர்மத்தின் அயனிப் பண்பு 20% க்கு மேல் இருக்குமானால் அச்சேர்மம் நிறமற்றதாக உள்ளது. எ.கா:

சேர்மம்	% அயனிப்பண்பு	நிறம்
AgCl	80%	வெண்மை
AgBr	24%	வெளிர் மஞ்சள்
AgI	15%	மஞ்சள்
Ag_2S	4%	கருமை

- எஸ். கருப்பண்ணன்

எலெக்ட்ரான் கவர், கருகவர் வினைப்பொருள்

கரிம வினைவழிகளைக் கண்டறிய வினைப்படு பொருள்களில் ஒன்றைத் தாக்கி (attacking reagent)



ஃபீனாக்சைடு அயனி

எனவும், மற்றொன்றைத் தாங்கி (substrate) எனவும் கொள்ளலாம். காட்டாக, கீழ்க்காணும் வினையில்,

$$RBr + {}^{-}OH \rightarrow ROH + Br^{-}$$

RBr மூலக்கூறு தாங்கியாகும்; ஹைட்ராக்சைடு அயனி தாக்கியாகும். இரண்டு வினைப்படு பொருள்களில் ஹைட்ராக்சைடு அயனி போன்று ஆற்றலும் தீவிரமும் கொண்டதைத் தாக்கியெனவும், அல்க்கைல் புரோமைடு போன்று தீவிரம் குறைந்த மூலக்கூறைத் தாங்கி எனவும் கருதலாம். சூழ்நிலை மற்றும் தாக்கியின் தூண்டுதலால் தாங்கி மூலக்கூறு சமச்சீரற்ற பிளவுற்றுக் கரிம நேரயனி அல்லது கரிம எதிரயனி போன்றவேதி இடைப்பொருள்கள் உண்டாகின்றன. பின்னர் அவை தாக்கியுடன் சேர்ந்துவிளை பொருள்களைக்கொடுக்கின்றன. எனவே தாக்கியைப் பொறுத்து வினைவழி அமைகிறது. இரு வகையான தாக்கிகள் உள்ளன.

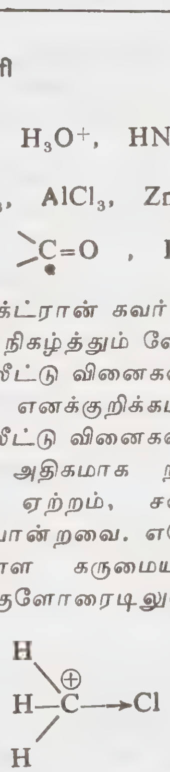
எலெக்ட்ரான் செறிவு மிகுந்த ஃபீனாக்சைடு அயனி போன்றவற்றை நேர்மின்னேற்றமுடைய டயசோனியம் அயனி ($PhN_2^{\oplus}$) அல்லது அயினிகள் அல்லாத, எலெக்ட்ரான் செறிவுகுறைந்த கரு-மையம் அல்லது அணு ($O = \overset{O^-}{\underset{O}{S^{\oplus}}}$) தாக்கி வினை நிகழச் செய்யும். இவ்வாறு ஒரு சேர்மத்தில் எலெக்ட்ரான் செறிவு மிகுந்துள்ள இடங்களை நாடிச் சென்று தாக்கி வினை நிகழச் செய்யும் வினைப்பொருள்கள். எலெக்ட்ரான் கவர்வினைப் பொருள்கள் (electro philes) எனப்படும். electro= எலெக்ட்ரான், phile= விரும்பும், அதாவது எலெக்ட்ரான் விரும்பும் வினைப் பொருள்கள் பின்வரும் எலெக்ட்ரான் கவர் வினைப் பொருள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்:

H^+, H_3O^+, HNO_3, H_2SO_4, PhN_2^+

BF_3', $AlCl_3$, $ZnCl_2$, $FeCl_3$, Br_2

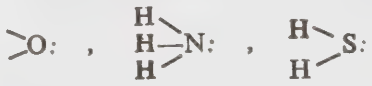
$>\dot{C}=O$, RCOCl

எலெக்ட்ரான் கவர் வினைப்பொருள்கள் பங்கு கொண்டு நிகழ்த்தும் வேதி வினைகள் எலெக்ட்ரான் கவர் பதிலீட்டு வினைகள் (electrophilic substitution reactions) எனக்குறிக்கப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான் கவர் பதிலீட்டு வினைகள் அரோமாட்டிக் சேர்மங்களில் மிக அதிகமாக நடைபெறுகின்றன. (எ.கா.) நைட்ரோ ஏற்றம், சல்ஃபானேற்றம், அல்க்கைல் ஏற்றம் போன்றவை. எலெக்ட்ரான் செறிவு குறைவாக உள்ள கருமையத்திற்கு எடுத்துக்காட்டாக மெத்தில் குளோரைடிலுள்ள கரியணுவைக் கூறலாம்.



எலெக்ட்ரான் செறிவு மிக்க கரு-மையத்திற்கு எடுத்துக்காட்டாக அம்மோனியா (NH_3) அமீன்கள் (R_3N) ஆகியவற்றைக் கூறலாம். இவ்வாறு எலெக்ட்ரான் செறிவு குறைவாக உள்ள இடங்களை நாடிச் சென்று தாக்கி வினை நிகழ்த்தும் வினைப்பொருள்கள், கருகவர் வினைப்பொருள்கள் (nucleophiles) எனப்படும் (nucleo = அணுக்கரு, phile = விரும்பும்; அதாவது அணுக்கரு விரும்பும் வினைப் பொருள்கள்). எ.கா.

^{-}OH, RO^-, RS^-, X^-, HSO_3^-, CN^-



$\overset{*}{R}MgBr$, $\overset{*}{R}$-Li, $Li\overset{*}{Al}H_4$

கருகவர் வினைப்பொருள்கள் பங்கு கொண்டு நிகழ்த்தும் வினைகள் கருகவர் பதிலீட்டு வினைகள் (nucleophilic substitution reaction) எனப்படும். கருகவர் பதிலீட்டு வினைகள் பெரிதும் அலிஃபாட்டிக் சேர்மங்களில் நடைபெறுகின்றன. (எ. கா.) அல்க்கைல் ஹாலைடுகளை நீராற் பகுத்து வினைப் படுத்தும்போது, பங்கேற்கும் வினைப்பொருள்களின் மூலக்கூறின் எண்ணிக்கைக்கேற்பக் கருகவர் பதிலீட்டு வினைகள் ஒற்றை மூலக்கூறு கருகவர் பதிலீட்டு வினைகள் (SN_1) என்றும் இரட்டை மூலக்கூறு கருகவர் பதிலீட்டு வினைகள் (SN_2) என்றும் வகைப் படுத்தப்படுகின்றன. ஒரே மூலக்கூறினுள் நிகழும் கருகவர் பதிலீட்டு வினை SN_i எனப்படுகிறது.

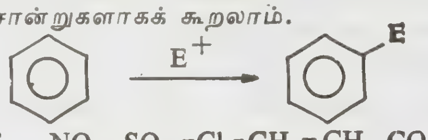
அரோமாட்டிக் சேர்ம வினைகளின்போது பெரும் பாலும் கருகவர் பதிலீட்டு வினை பதிலீடு அடைந்த அரோமாட்டிக் சேர்மங்களில் நடைபெறுகிறது.

பொதுவாக, லூயிஸ் அமிலங்கள் (எலெக்ட்ரான் ஏற்பிகள்) எலெக்ட்ரான் கவர் வினைப்பொருள்களா கவும் லூயிஸ் காரங்கள் எலெக்ட்ரான் வழங்கிகள் கருகவர் வினைப் பொருள்களாகவும் உள்ளன. மேலும் எலெக்ட்ரான் கவர் வினைப் பொருள்களை ஆக்சிஜ னேற்ற வினைப் பொருள்களுடனும் (எலெக்ட்ரான் ஏற்பிகள்) கருகவர் வினைப்பொருள்களை ஆக்சிஜன் ஒடுக்கும் வினைப் பொருள்களுடனும் (எலெக்ட்ரான் வழங்கிகள்) ஒப்பிடலாம்.

- எஸ். கருப்பண்ணன்

எலெக்ட்ரான் கவர் வினை

ஒரு நேரயனி எலெக்ட்ரான் செறிவுமிக்க இலக்கை எளிதில் தாக்க வல்லது. நேரயனித் தாக்குதலை வினைப்படியாகக் கொண்ட வினை எலெக்ட்ரான் கவர்வினை (electrophilc reaction) எனக் குறிப்பிடப் படுகின்றது. பென்சீன் போன்ற அரோமாட்டிச் சேர் மத்தில் நைட்ரோ ஏற்றம் செய்து நைட்ரோபென் சீன் பெறுதல், இரட்டைப் பிணைப்புக் கொண்ட எத் திலீனுடன் புரோமின் சேர்க்கை வினைபுரிதல், கிரிக்னார்டு வினைப் பொருள் புரோமின் அல்லது அமிலத்துடன் வினையாற்றுதல் ஆகியவற்றை இதற்குச் சான்றுகளாகக் கூறலாம்.



$$E = NO_2, -SO_3, -Cl, -CH_3, -CH_3CO$$

$$H_2C=CH_2 \xrightarrow{Br_2} \underset{Br}{CH_2}-\underset{Br}{CH_2}$$

மற்றும் சேர வல்லவை: Cl_2, I_2, HCl, HBr, HI HOCl, H_2SO_4

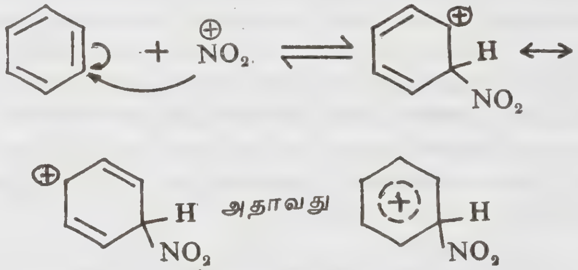
$$R-Mg-X \xrightarrow{H^+Cl^-} RH + Cl-Mg-X$$

$$R-Mg-X \xrightarrow[Br^2]{Br-Br} RBr + Br-Mg-X$$

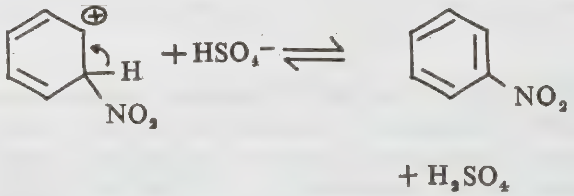
நேரயனி உண்டாவதற்குத் தேவையான வினைப் பொருள்களும், சூழலும், அயனியின் நிலைத்தன்மை யும், வினை நிகழும் சேர்மத்தில் வேண்டிய எலெக்ட் ரான் செறிவு ஏற்படுதலும் இத்தகைய வினைகள் எளிதில் நடைபெறப் பயன்படும் காரணங்களாகும். எடுத்துக்காட்டு (1) இல் நைட்ரோனியம் அயனி கீழ்க்காணும் சமநிலை வினையால் உண்டாகிறது.

$$HO-NO_2 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons {}^+NO_2 + H_3O^+ + H_2SO_4^- \quad (1)$$

பிறகு இவ்வயனி பென்சீனைத் தாக்கி ஓரளவுக்கு நிலைத்தன்மையுடைய வளைய ஹெக்சாடையீனியம் அயனியைத் தருகிறது.



பைசல்ஃபேட் அயனி புரோட்டானை வெளியேற்றி எலெக்ட்ரான் கவர்பதிலீட்டு வினையை நிறைவு செய்கிறது.



வினையின் பெயர்	நேரயனி	அயனியை விளைவிக்கும் விளைவியக்கிகள்	புரோட்டானை நீக்கும் காரப்பொருள்	முடிவில் விளையும் சேர்மம்
சல்ஃபானேற்றம்	SO_3	சல்ஃப்யூரிக் அமிலம்	HSO_4^-	$C_6H_5SO_3H$
ஹாலோஜனேற்றம்	Cl^+	$Cl_2/FeCl_3$	$[FeCl_4]^-$	C_6H_5Cl
ஃபிரீடல்-கிராஃப்ட்ஸ் அல்கைனேற்றம்	$\overset{+}{C}H_3$	$CH_3Cl/AlCl_3$	$[AlCl_4]^-$	$C_6H_5CH_3$
அசைலேற்றம்	$CH_3\text{-}\overset{+}{C}O$	CH_3COCl அல்லது $(CH_3CO)_2O/AlCl_3$	,,	$C_6H_5COCH_3$
பாதரச ஏற்றம்	$\overset{+}{H}gOCOCH_3$	$Hg(OCOCH_3)_2$	CH_3COO^-	$C_6H_5HgOCOCH_3$
டை அசோனியம் இணைத்தல்	$C_6H_5—N=\overset{+}{N}:$	டைஅசோனியம்உப்பு	OH^-	$XC_6H_4N_2C_6H_5$
$X = —O^-$ அல்லது $— {}^-\ddot{N}(CH_3)_2$				

முக்கிய எலெக்ட்ரான் கவர் பதிலீடுகளை மேல் காணும் அட்டவணை விளக்குகிறது.

டைஅசோனியம் அயனியின் எலெக்ட்ரான் கவர் திறன் குறைவாக, அதை ஈடுசெய்ய எலெக்ட்ரான்களை வழங்கும் தொகுதிகள் (x) தேவைப்படுகின்றன.

பென்சீன் சேர்மத்தில் அனைத்து இலக்குகளும் ஒரே வாய்ப்புடையவை. ஆயினும், ஏதேனும் ஒரு தொகுதி பென்சீனில் இருப்பின் அதைப் பொறுத்து, பதிலீடு ஆர்த்தோ, (o) மெட்டா, (m) பாரா (p) இலக்குகளில் நிகழும்.

பொதுக்கவனிப்பு முடிவு.

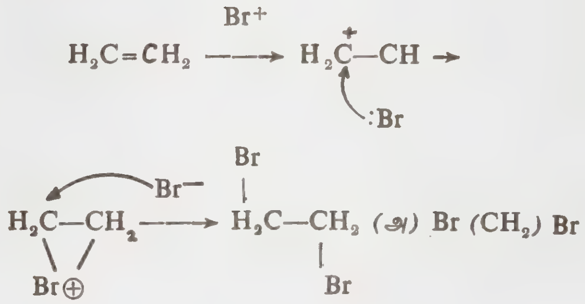
எலெக்ட்ரான் விடுக்கும் தொகுதிகள் } o,p-இலக்குகளை உந்தும்

எலெக்ட்ரான் ஈர்க்கும் தொகுதிகள் } m-இலக்கை உந்தும்

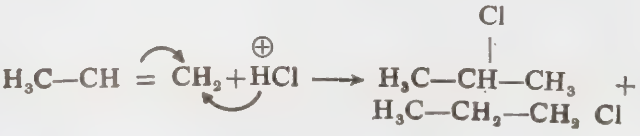
எத்திலீனுடன் சேர்க்கப்படும் மூலக்கூற்றின் நேரயனியே முதலில் தாக்க முற்படுகிறது. விளையும் கார்போனியம் அயனி, வளைய புரோமோனியம் அயனி என்னும் இடைப்பொருளை உண்டாக்குவதற்கான சான்றுகள் மிகவுண்டு. பின் புரோமைடு எதிரயனி எதிர்த்திசையிலிருந்து தாக்குகிறது. எத்திலீனில் ஏதேனும் எலெக்ட்ரான் வழங்கும் தொகுதிகள் இருப்பின் வினை, வேகம் பெறுகிறது. எலெக்ட்ரான் ஈர்க்கும் தொகுதிகள் வேகத்தைக் குறைக்கின்றன். ஆகவே, எத்திலீனின் அமைப்பு இரு வகைச் சேர்க்கை

$$H_2C = CH — COOH < H_2C = CH_2 <$$
$$H_2C{=}CH{—}CH_3 < H_3C — CH{=}CH{—}CH_3$$

வழிமுறை



வினை வழி முறைக்கு வழிவகுக்கும். புரோப்பீனில் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு சேரும்போது, ஐசோ புரோப்பைல்குளோரைடே பெருமளவில் விளைகிறது.



நிலக்கரித்தாரிலிருந்து பெறப்படும் பென்சீன், டொலுயீன், ஃபீனால். நாஃப்தலீன் போன்றவற்றில் எலெக்ட்ரான் கவர் வினைகளை நிகழ்த்தியே பெரும்பாலான அனிலீன், பல்வகைச் சாயப்பொருள்கள் (அசோ சாயங்கள்), அனிலீனிலிருந்து சல்ஃபா மருந்துகள், பென்சீனிலிருந்து நேரடி சல்ஃபானேற்றம் செய்து கிடைக்கும் ஃபீனால், டொலுயீனை நைட்ரோ ஏற்றம் செய்வதால் விளையும் ட்ரை நைட்ரோ டொலுவீன் (டி.என்.டி), ஃபீனாலிலிருந்து நைட்ரோ ஏற்றம் முறையில் பெறப்படும் பிக்ரிக்

அமிலம், நாஃப்தலீனிலிருந்தும் ஆந்தத்ர சீனிலிருந்து முறையே கிடைக்கும் சாய அடிப்படைப் பொருள்கள், அலிசரின் சாயம் பெறுதல் போன்ற வினைகளும், விளைபொருள்களும் எலெக்ட்ரான் கவர்வினைகளின் இன்றியமையாமையை விளக்குகின்றன.

- வ.. ந. வேதாந்த தேசிகன்

எலெக்ட்ரான் காந்தத் திருப்புமை

எலெக்ட்ரான், எதிர்மின்னூட்டத்துடன் தற்சுழற்சி கொண்டுள்ளதால், காந்தப் புலத்தில் இருக்கும் போது அது தன் காந்தத் தன்மையை வெளிக் காட்டுகிறது. எலெக்ட்ரானுக்குக் காந்தத் திருப்புமை உண்டென்பதை முதன் முதலில் ஜார்ஜ் உலன்பெக், கூல்ட்ஷ்மிட் என்போர் விளக்கினர். முரணிய சிமன் விளைவை (anamolous Zeeman effect) ஆய்வு செய்து அதற்கு அடிப்படை இக்காந்தத் திருப்புமைதான் எனத் தெரிவித்தனர். தற்சுழற்சியால் எலெக்ட்ரானுக்குக் கோண உந்தமும், காந்தத் திருப்புமையும் உண்டென்பது பின்னர் தெளிவாயின. டிராகின் சார்பியல் கோட்பாட்டில் செல்லும் எலெக்ட்ரானும் இச்சிறப்புப் பண்புகளுடன் செல்கிறது என்பதும் தெளிவானது.

சாமர்ஃபீல்டு என்பாரின் கொள்கைப்படி, ஓரணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள், நீள் வட்டப் பாதைகளிலும் சுற்றி வரலாம். இதன்படி எலெக்ட்ரானின் இயக்கக் கோண உந்தம்,

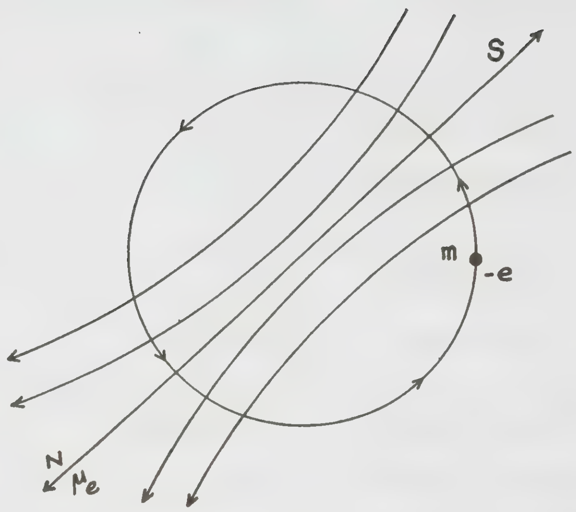
$$P_e = \frac{lh}{2\pi}$$

எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. $l = 1,2,3,\ldots$ என்ற கோண உந்த குவாண்டம் எண்ணாகும்; h- பிளாங்க் மாறிலி.

தற்சுழற்சியால், எலெக்ட்ரானின் சுழற்சிக் கோண உந்தம் $P_e = \frac{sh}{2\pi}$ $s = +\frac{1}{2}$ அல்லது $-\frac{1}{2}$ ஆகும். s-தற்சுழற்சிக் குவாண்டம் எண்ணாகும்.

மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான் வட்டப் பாதையில் சுற்றுவதால் காந்தப்புலன் ஏற்படுகிறது. பாதையில் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரானை ஒரு நுண்தாந்தமாகக் கருதினால் காந்தத் திருப்புமையை μ_e எனக் கொள்ளலாம்.

$$\frac{\mu_e}{P_e} = \frac{e}{2m}$$ e- எலெக்ட்ரான் மின்னூட்டம்



படம் 1

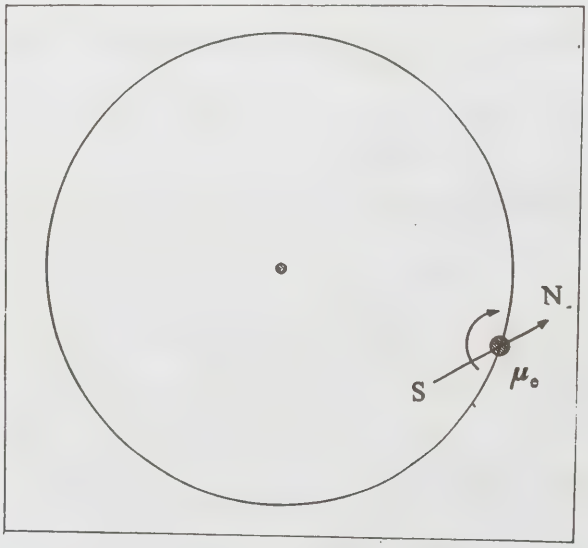
$$P_e = \frac{lh}{2\pi}$$ m-எலெக்ட்ரான் பொருண்மை

$l = 1$ ஆனால் $\mu = \frac{eh}{4\pi m}$

இது μ_b ஒரு போர் மேக்னட்டான் அலகு.

$$\frac{\mu_e}{P_e} = \frac{\text{காந்தத் திருப்புமை}}{\text{எந்திரக் கோண உந்தம்}}$$

என்பது சுழலியக்கக் காந்தத் தகவு (gyromagnetic artio) எனப்படும்.



படம் 2.

தற்சுழற்சியால் விளையும் எலெக்ட்ரான் காந்தத் திருப்புமை தற்சுழற்சியியக்கக் காந்தத் தகவு.

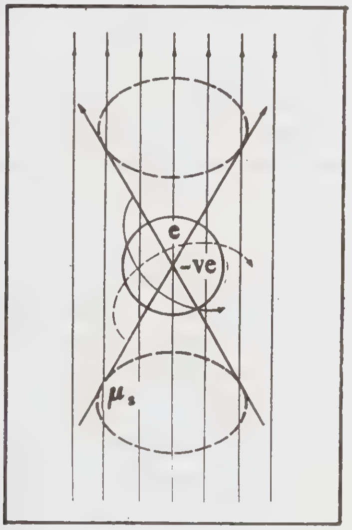
$$\frac{\mu_s}{P_s}$$

இத்தகவு சுழலியக்கத் தகவைப் போல் இருமடங்காகும்.

$$\frac{\mu_s}{P_s} = 2 \frac{e}{2m}$$

$$\mu s = \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi} \times \frac{2e}{2m} = \frac{eh}{4\pi m}$$

$\mu_s = \mu_b$ போர் மேக்னட்டான்.



படம் 3.

துல்லிய ஆய்வுப்படி, இதன் மதிப்பு சற்று மிகையாக உள்ளதாகத் தெரிகிறது. நிறமாலை வெளியிடும் அணுக்கள் ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால், சுற்றுதல், சுழற்சி இரண்டும் பின்னிச் செயல்படுவதால் நிறமாலையில் பல புதிய வரிகள் உருவாகின்றன.

தற்சுழற்சியுடன் ஓர் எலெக்ட்ரான் காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால், அது அச்சுச் சுழற்சிக்குள்ளாகிறது. இவ்வச்சுச் சுழற்சி காந்தப்புலன் திசையை அச்சாகக் கொண்டு ஏற்படுகிறது. இதற்கு லார்மா அச்சுச்சுழற்சி என்று பெயர். இச்சுழற்சி எண்ணை, அதே அதிர்வெண்ணுள்ள நுண்ணலையுடன் (microwave) ஒத்ததிர்வுறச் செய்து கண்டுபிடிக்கலாம். காண்க, எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு.

-த. கமலக்கண்ணன்

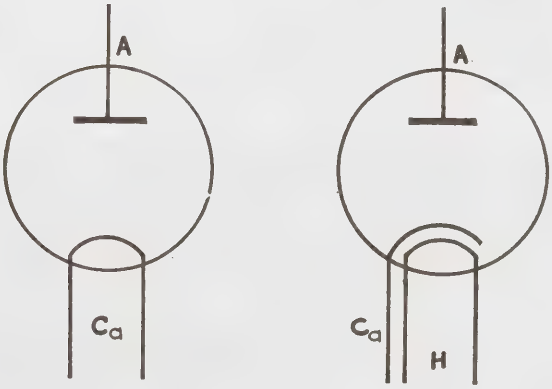
எலெக்ட்ரான் குழாய்

சில திண்ம, நீர்மப்பொருள்களை வெப்பப்படுத்தும் போது அவை எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கின்றன. இவ்வாறு வெப்பத்தால் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்கு வெப்ப எலெக்ட்ரான்கள் என்றும், இத்தகைய விளைவிற்கு வெப்பமின் வெளியீடு (thermionic emission) என்றும் பெயர். இத்தகைய வெப்பமின் வெளியீடு விளைவைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப் பட்டதே எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் ஆகும்.

டையோடு. முற்றிலும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குழாயுள் நேர்மின்வாய் (anode), எதிர்மின்வாய் (cathode) உடைய எலெக்ட்ரான் குழாயே மிக எளிய அமைப்புடையது. இது டையோடு (diode) எனப் படும். இது நேரிடையாகச் சூடேறும் எதிர்மின்வாய் (directly heated cathode), மறைமுகமாகச் சூடேறும் எதிர்மின்வாய் (indirectly heated cathode) என இரு வகைப்படும். இவ்விரு டையோடுகளின் அமைப்பு படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நேரிடையாகச் சூடேறும் டையோடின் நேர்மின் வாய் (A) மாறாத் திசை மின்னோட்டத்தின் நேர் மின்முனையுடனும், எதிர்மின்வாய் (C) எதிர் மின்முனையுடனும் இணைக்கப்படும்போது வெப்ப வெளியீட்டின் விளைவாக நிலையான வெப்ப மின்னோட்டம் (I_A) இவ்வெலெக்ட்ரான் குழாய் இணைக்கப்பட்ட சுற்றில் பாய்கின்றது.

நேரிடையாகச் சூடேறும் டையோடில் வெப்ப மின்னோட்டம், நேர்மின் வாய்க்குக் கொடுக்கப்படும்

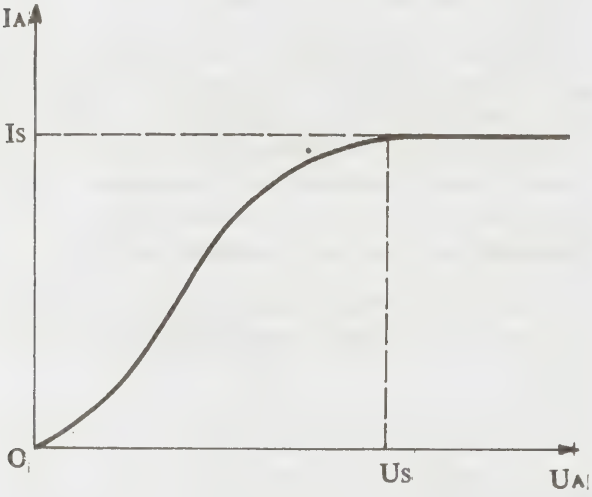


படம் 1.

நேரிடையாகசூடேறும் டையோடு
மறைமுகமாகச் சூடேறும் டையோடு

மின் அழுத்தம் (U_A) அதாவது நேர்மின் வாய்க்கும் எதிர்மின் வாய்க்கும் இடையில் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம், நேர்மின்வாய் எதிர்மின்வாயின் அளவுகள், அவை ஒன்றுக்கொன்று அமைக்கப்பட்டுள்ள முறை ஆகியவற்றைப் பொறுத்துக் காணப்படும். மேலும் எதிர்மின்வாய் எலெக்ட்ரான்களின் வேலைச் சார்பு (work function), எதிர்மின்வாயின் வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தும் காணப்படும். வெப்ப மின்னோட்டம். மாறா எதிர்மின்வாய் வெப்பநிலையில் டையோடின் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டச் சிறப்பியல்பு வரைபடம் படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தை மிகக் குறைந்த அளவில் இருந்து சிறிது சிறிதாக அதிகரிக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டமும் சிறிது சிறிதாக அதிகரிக்கும். ஏனெனில் மிகக் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் நேர்மின்வாய் உள்ளபோது எதிர்மின் வாயினால் உமிழப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும்



படம் 2.

நேர் மின்வாயை அடைவது இல்லை. உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் ஒரு பகுதி இவ்விரு மின்வாய்களுக்குமிடையில் ஓர் எலெக்ட்ரான் மேகத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றது. இந்த எலெக்ட்ரான் மேகம், எதிர்மின்வாயினால் மென்மேலும் உமிழப்படுகின்ற எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயைச் சென்றடைவதைத் தடைசெய்கிறது. நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைச் சிறிது சிறிதாக உயர்த்தும்போது எலெக்ட்ரான் மேகம் சிறிது சிறிதாக மறைந்து விடுவதால் நேர்மின் வாய்க்கு வந்து சேரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிகுதியாகின்றது. எனவே சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவும் உயர்கின்றது. நேர்மின் வாயின் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் வெப்ப மின்னேட்டம் பெரும நிலையை (Is) அடைகின்றது. இந்த வெப்ப மின்னோட்டம் தெவிட்டுநிலை மின்னோட்டம் (saturation current) எனப்படும். குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஓரலகு நேரத்தில் எதிர்மின் வாய் உமிழும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை N எனில் தெவிட்டு நிலை மின்னோட்டம்

$$I_s = Ne$$

e = எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம். நேரிடைச் சூடேறும் டையோடில் சில குறைகள் உள்ளன. எதிர்மின்வாய் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தால் சூடேற்றப்படும்போது அதன் வெப்பநிலை தொடர்ச்சியாக மாறிக் கொண்டிருக்கும். இதனால் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவும் மாறுகின்றது. இத்தகைய குறையை நீக்க அமைக்கப்பட்டதே மறைமுகச் சூடேறும் எதிர்மின்வாய் அல்லது மறைமுகச் சூடேறும் டையோடு.

மறைமுகச் சூடேறும் டையோடில் பேரியம் ஆக்சைடு அல்லது தோரியம் ஆக்சைடு முலாம் பூசப்பட்ட நிக்கல் குழாய் எதிர்மின்வாயும், அதன் நடுவில் எதிர்மின்வாயை மறைமுகமாகச் சூடேற்ற டங்ஸ்டன் முலாம் பூசப்பட்ட வெப்பச்சுருள் ஒன்றும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

டையோடுகள் ஒரு திசையில் மட்டுமே மின் ஓட்டத்தினைக் கடத்தும். சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தம் எதிர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும். அதாவது $U_A > 0$: மாறாத் திசை மின்னோட்டத்தின் எதிர்மின் முனையுடன் டையோடின் நேர்மின் வாயையும், நேர்மின்முனையுடன் எதிர்மின்வாயையும் இணைக்கும்போது தோன்றும் மின்புலம் நேர்மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை விலக்குகின்றது. இந்நிலையில் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயாது. டையோடின் இந்தப் பண்பு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை மாறாத்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றப் பயன்படுகின்றது.

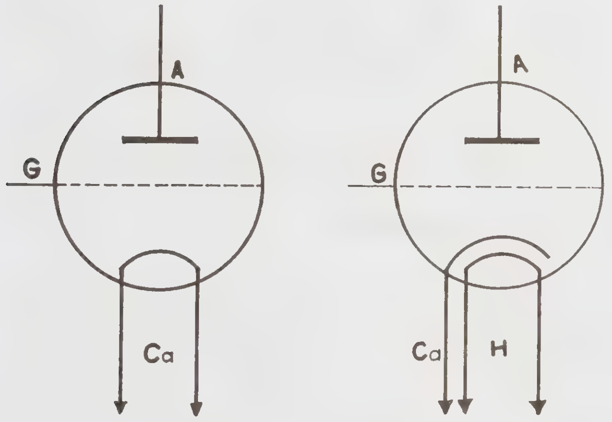
டிரையோடு. பல மின்வாய்களுடைய எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் (டிரையோடு டெட்ரோடு, பென்டோடு) வெப்ப மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுகின்றன.

டிரையோடில் மூன்று மின்வாய்கள் முற்றிலும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குழாயினுள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. படம் 3 இல் காட்டியவாறு கட்டுப்படுத்தும் மின்வாய் அல்லது கிரிடு (control grid) நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின் வாய்க்குமிடையே அமைக்கப்பட்டுள்ளது. டையோடைப் போன்றே இதிலும் நேரடியாகச் சூடேறும் டிரையோடு, மறைமுகச் சூடேறும் டிரையோடு என இருவகை உண்டு. படம் 3 இல் காட்டியபடி எதிர்மின்வாய்க்கருகில்

நிக்கலால் ஆன வலை போன்ற அமைப்புடைய கிரிடு காணப்படும்.

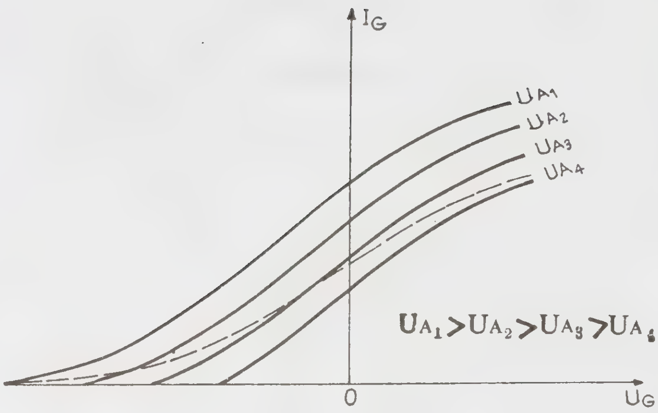
டிரையோடின் நேர்மின்வாய் மாறாத்திசை மின்னோட்டத்தின் நேர்மின்முனையுடனும், எதிர்மின்வாய் எதிர்மின்முனையுடனும் இணைக்கப்படும்போது எதிர்மின்வாயினால் உமிழப்படும் வெப்ப எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயினால் கவர்ந்திழுக்கப்படுகின்றன. எனவே சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்கின்றது. தகுந்த மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்குக் கொடுப்பதால் எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த இயலும்.

நேர்மின்வாய்க்கும், எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் (V_A) மாறாதிருக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்திற்கும் (I_A) கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் (U_G) வரையப்படும் வரைபடம் படம் 4இல் காட்டியபடி அமைந்துள்ளது. இது கிரிடு நிலைச்சிறப்பு வரைபடம் எனப்படும்.



படம் 3. மறைமுகச்சூடேறும் டிரையோடு. நேரிடைாகச் சூடேறும் டிரையோடு

கட்டுப்படுத்தும் கிரிடின் மின்னழுத்தம் சுழியாக ($U_G = 0$) இருக்கும்போது டிரையோடு டையோடு போன்று செயல்படுகின்றது. கிரிடின் மின்னழுத்தம் எதிர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருக்கும்போது அதாவது கிரிடு மின்னழுத்தம் நேர்மின்னழுத்தமாக ($U_G > 0$) இருக்கும்போது, கிரிடினால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்ற மின்புலம் நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையே தோன்றுகின்ற மின்புலத்தின் திசையிலேயே அமைந்துள்ளது. இந்நிலையில் எதிர்மின் வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் கிரிடு மின்னழுத்தம்



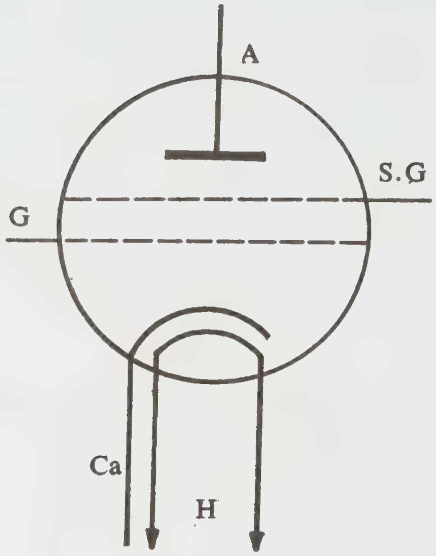
படம் 4.

சுழியாக இருக்கும்போதுள்ள வேகத்தை விட மிகுதியாக இருக்கும். கிரிடு மின்னழுத்தத்தை மேலும் அதிகமாக்கும்போது நேர்மின்வாயை ஓரலகு நேரத்தில் வந்தடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் மிகுதியாக இருப்பதால் நேர்மின்வாயில் மின்னோட்டம் மிகுந்திருக்கும்.

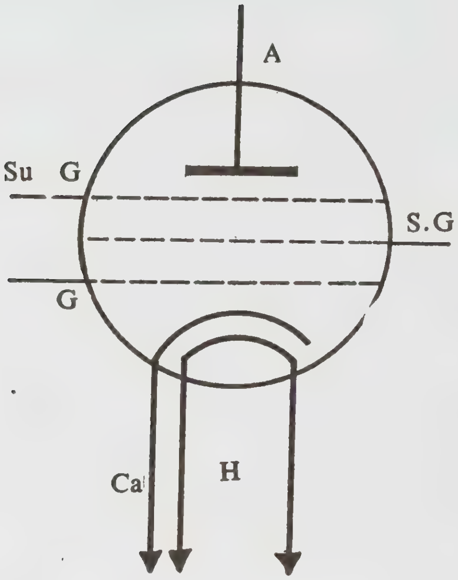
மாறாக, கிரிடுக்கு ($U_G < 0$) கொடுக்கும்போது நேர்மின்வாயினால் கவரப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைகின்றது. எனவே நேர்மின்வாயில் மின்னோட்டம் குறைகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட கிரிடு மின்னழுத்தத்தில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் முற்றிலும் குறைந்து சுழியாகின்றது. ($I_A = 0$-) அந்தக் கிரிடு மின்னழுத்தம் வெட்டு மின்னழுத்தம் (cut off voltage) எனப்படும். கிரிடு மின்னழுத்தத்தை மாற்றிச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதால் இது கட்டுப்படுத்தும் மின்வாய் எனப்படுகிறது.

டிரையோடு எலெக்ட்ரான் குழாயின் செயல் திறனை மூன்று மாறிலிகள் உணர்த்துகின்றன. அவை கடத்துதிறன் (g_m), பெருக்குதிறன் (μ) நேர்மின்வாய் மின்தடை (R_a).

டெட்ரோடு. டிரையோடு குழாயில் எதிர்மின் வாயினால் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் நேர் மின்வாய்க்கும் கிரிடுக்கும் இடையே தேக்கப்படுவதால் அவ்விருமின்வாய்களும் ஒரு மின் தேக்கியாகச் செயல்படுகின்றன. இத்தகைய குறைபாடு நீக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் குழாய் டெட்ரோடு ஆகும். இதில் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் இடையில் மற்றுமொரு கிரிடான திரைகிரிடு (screen grid) படம் 5 இல் உள்ளபடி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம். 5.



படம் 6.

டெட்ரோடில் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்குக் குறைந்த எதிர்மின்னழுத்தமும், திரை கிரிடுக்குச்சற்று உயர்வான நேர்மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுவதால் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கி முடுக்கப் படுகின்றன.

பென்டோடு. டெட்ரோடில் தோன்றும் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களைத் தவிர்க்க நேர் மின்வாய்க்கும் திரை கிரிடுக்கும் இடையில் மேலும் ஒரு கிரிடு - தடுக்கும் கிரிடு (suppressor grid) படம் 6 இல் காட்டியுள்ளபடி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த எலெக்ட்ரான் குழாயில் ஐந்து மின்வாய் இருப்பதால் இது பென்டோடு எனப்படுகிறது. இதில் கட்டுப் படுத்தும் கிரிடுக்கு எதிர்மின்னழுத்தமும், திரை கிரிடுக்கு நேர்மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படும். தடுக்கும் கிரிடுக்கு எதிர்மின்வாய்க்கு அளிக்கும் அதே எதிர்மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுகின்றது.

திரை கிரிடுக்கு நேர்மின்னழுத்தம் கொடுப்பதால் எதிர்மின்வாயினால் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின் வாயை நோக்கி முடுக்கப்படுகின்றன. ஆனால் திரைகிரிடுக்கு அடுத்து தடுக்கும் கிரிடு இருப்பதால் இந்த எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் குறைக்கப்படுகின்றது. இத்தடுக்கும் கிரிடு நேர்மின் வாயினால் உமிழப்படும் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட் ரான்களைத் தடுத்து மீண்டும் நேர்மின்வாயை நோக்கி முடுக்குகிறது. எனவே டெட்ரோடில் ஏற் பட்ட குறை தவிர்க்கப்படுகிறது.

இத்தகைய எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் ரேடியோ அலைகளைத் தோற்றுவிக்கவும், வலிமை குன்றிய ரேடியோ அதிர்வெண்களைப் பெருக்கவும், டையோடு மாறுதிசை மின்டோட்டத்தினை மாறாத்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றவும் பயன்படுகின்றன.

- ஜா. சுதாகர்

எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி

புவி சூரியனைச் சுற்றி வருவதுடன், ஓர் அச்சில் தனக்குத்தானே சுழன்று கொண்டிருப்பதுபோல் அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவைச் சுற்றி ஒரு பாதையில் சுற்றி வருவதுடன், அதற்கே உரிய ஓர் அச்சில் தனக்குத்தானே சுழன்று கொண்டும் இருக்கிறது. இது எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி எனப்படு கிறது.

கிளர்வூட்டப்பட்ட நிலையில் ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் நிறமாலை வரிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. தோற்றுவிக்கப்பட்ட நிறமாலை வரிகள் அந்தத் தனி மத்திற்கே உரிய தனித்தன்மை உடையன. நிறமாலை வரிகளின் தோற்றத்தை அணுக்களில் உள்ள எலெக்ட் ரான் நிலை மற்றும் இயக்கத்தைக் கொண்டு கொள்கை அளவில் விளக்க முடிந்தது. நிறமாலை வரிகளின் நுண்ணமைப்பு (fine structure) முரணிய சீமன் விளைவு (anomalous zeeman effect) இரட்டை வரி நிறமாலை அமைப்புகள் கதிர் நிறமாலைகளின் சில கோட்பாடுகள் போன்ற சிக்கலான நிறமாலை நிகழ்வுகளை விளக்குவதற்காக 1925 ஆம் ஆண்டில் ஊலன்பெக் மற்றும் கவுட்ஸ்மிட் என்போர் எலெக்ட் ரான் தற்சுழற்சி என்னும் கருத்தை வெளியிட்டனர்.

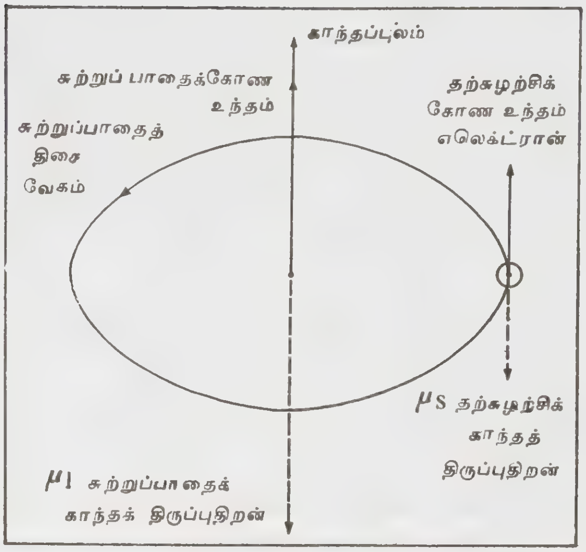
எலெக்ட்ரான், அணுக்கரு, அணு, மூலக்கூறு தொடர்புடைய நிகழ்வுகள் அனைத்திலும் எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சியைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்ட போது பெறப்பட்ட கொள்கை முடிவுகள் யாவும் ஆய்வு முடிவுகளுடன் ஒத்திருக்கின்றன. இதுவே எலெக்ட்ரானுக்குத் தற்சுழற்சி உள்ளது என்பதற்குச் சிறந்த சான்றாகும்.

இடஞ்சார்ந்த குவாண்டப்படுத்தல் என்னும் கொள்கை எலெக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தில் உள்ளது போலவே எலெக்ட்ரான் சுழற்சிக்கும் உண்டு. இதன்படி எலெக்ட்ரான் சுழற்சி இயக்கம் அளவாலும் திசையாலும் வரையறைப்படுத்தப்படுகிறது. அணுவில் உள்ள எலெக்ட்ரானுக்குச் சுற்றுப் பாதை இயக்கத்தால் கோண உந்தம் உண்டாவதைப் போல், தற்சுழற்சியாலும் கோண உந்தம் உண்டாகிறது. எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சிக் கோண உந்தத்தின் மதிப்பு $S = \frac{h}{2\pi}$ ஆகும். இதில் h என்பது பிளாங்க் மாறிலி. S என்பது சுழற்சி குவாண்டம் எண். Sஇன் மதிப்பு எப்போதும் $\frac{1}{2}$ எனக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

எலெக்ட்ரான் காந்தத் திருப்பு திறன். மின்னூட்டங்கொண்ட பொருளின் சுழற்சியால் காந்தத்திருப்பு திறன் ஒன்று ஏற்படுமாகையால் எலெக்ட்ரான் அதன் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தால் ஒன்றும் அதன் தற்சுழற்சியினால் மற்றொன்றுமாக இருவகைக் காந்தத் திருப்பு திறனைப் பெறுகிறது. எனவே அணுவின். காந்தச் சுழற்சித்திறன் என்பது சுற்றுப்பாதைக் காந்தச் சுழற்சித் திறன் மற்றும் தற்சுழற்சிக் காந்தச் சுழற்சித் திறன் என்னும் இருவகைக் காந்தச்சுழற்சித் திறன்களின் கூட்டு விளைவே ஆகும். இவையும் வரையறுக்கப்பட்ட திசையன் ஆகும்.

படம் 1 இல் காந்தப்புலத்தின் வட்டப்பாதையில் சுழலும், ஓர் எலெக்ட்ரானின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. சுற்றுப்பாதைக் கோண உந்தமும், தற்சுழற்சிக் கோண உந்தமும் ஒரே திசையில் இணையாக உள்ளன. அவை எதிர் இணைத் திசையிலும் இருத்தல் இயலும். படத்தில் கோண உந்தமும்காந்தத் திருப்பு திறனும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரிணையாக உள்ளன. எனவே எலெக்ட்ரானின் காந்தத் திருப்பு திறன் எதிர்க்குறி உடையதாகும். இதுவே பாசிட்ரானாக இருந்தால் (பாசிட்ரான் என்பது எலெக்ட்ரான் அளவு நிறையும், எலெக்ட்ரான் அளவு நேர் மின்னூட்டமும் உடைய நேர்மின்னூட்டத் துகள்) அதன் காந்தத் திருப்புதிறன் நேர்க்குறியுடையதாக இருக்கும்.

எலெக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தால் உண்டாகும் காந்தத் திருப்பு திறனைப் பழைய கோட்பாடுகளினால் நிறுவுதல் இயலும். ஆனால் எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சிக் காந்தத் திருப்பு திறனை அவ்வாறு நிறுவ இயலாது. புதியகோட்பாடுகளினாலேயே விளக்கமுடியும். அணு நிறமாலை, மூலக்கூறு நிறமாலை, காந்தத் தன்மை முதலியவற்றை விளக்கும் கோட்பாடுகள் அனைத்தும் எலெக்ட்ரானின் தனித்தன்மை வாய்ந்த மேலே கூறிய பண்புகளை வலியுறுத்துகின்றன.



படம் 1. காந்தப்புலத்தில் வட்டப்பாதையில் சுழலும் எலெக்ட்ரானின் கோண உந்தம் மற்றும் காந்தத் திருப்புத் திறனைக் காட்டும் திசையன் வரைபடம்.

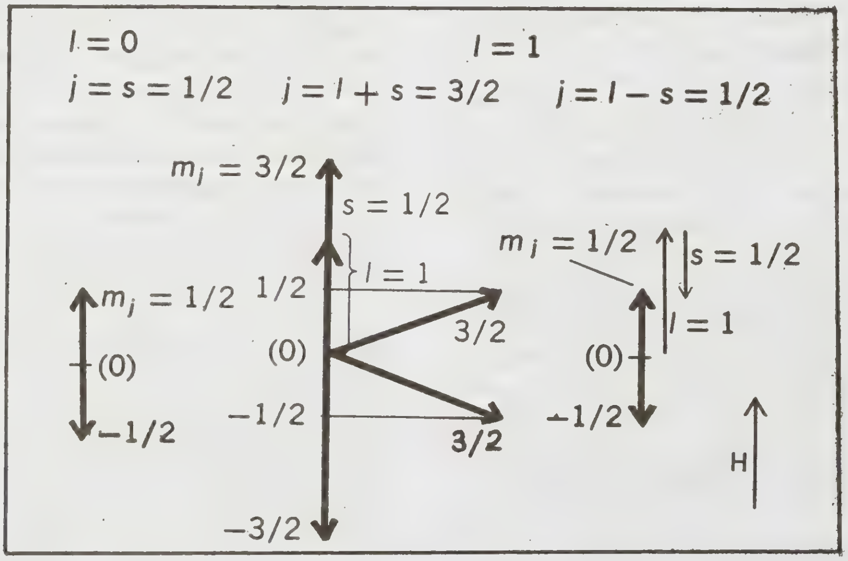
நிறமாலையின் இரட்டை வரியமைப்பு, எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சியைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளும் போது உண்டாகும் இயல்பான முடிவாக அமைகிறது. வெளிப்புறப் பாதையில் ஓர் எலெக்ட்ரானும், உள் சுற்றுப் பாதைகள் எலெக்ட்ரான்களால் நிறைவுப் பெற்றதுமான அணுவை எடுத்துக்கொண்டு இதனை விளக்கலாம். நிறைவு பெற்ற பாதைகளிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை மற்றும் தற்சுழற்சி இவற்றின் கூடுதல் கோண உந்தங்களின் மதிப்பு சுழியாகும். அணுவின் கூடுதல் கோண உந்தம் என்பது நிறைவு பெற்ற பாதைகளுக்கு வெளியிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களினால் மட்டுமே அறுதியிடப்படுகிறது. வெளிப் பாதை எலெக்ட்ரானின் l மதிப்பு $l=0,1,2,3...$ மற்றும் s மதிப்பு $s=1/2$ ஆகும். குவாண்டம் இயக்கவியல் கொள்கைப்படி கூடுதல் கோண உந்தம் $j=l\pm s$ஆகும். $l=0$ எனும்போது $j=+1/2$ ஆகும். கூடுதல் கோண உந்தம் எதிர்க்குறியுடையதாய் இருக்க முடியாது என்பதால் $j=-1/2$ என்ற வாய்ப்பான கூறு விடப்படுகிறது. $l=1$எனும்போது $j=1/2$ அல்லது $3/2$ ஆகும். இதன் தொடர்புகள் திசையன் பட அமைப்பால் (படம்-2) காட்டப்பட்டுள்ளன. எலெக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கம் எலெக்ட்ரான்மீது காந்தப் புலத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. மேலும் எலெக்ட்ரானுக்குக் காந்தத்திருப்பு திறன் உண்டு. இதனால் திசையன் s, திசையன் lக்கு இணையாக இருக்கும்போது ஒரு ஆற்றல் நிலையும், எதிரிணையாக இருக்கும்

போது ஓர் ஆற்றல் நிலையும் அணுவுக்கு உண்டாகிறது. l=0 என்ற நிலை தவிர மற்ற நிலைகளில் ஆற்றல் மட்டங்கள் எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சியால் இரண்டாகப் பிரிகின்றன. l=0க்கு ஓர் ஆற்றல் நிலையும் l=1க்கு இரண்டு ஆற்றல் நிலைகளும் உள்ளன. அணு l=1 என்ற நிலையிலிருந்துl=0 என்ற நிலைக்கு மாறும்போது இரட்டைவரி நிறமாலை உண்டாகிறது. சோடியத்தின் மஞ்சள் நிற இரட்டை வரிகள் (D வரிகள்) இவ்வாறே தோன்றுகின்றன.

ஆற்றல் மட்டம் பிரிதல். எலெக்ட்ரானின் சுற்றுப் பாதைக் கோண உந்தம், தற்சுழற்சிக் கோண உந்தம் இவற்றின் இணைப்பு நிலையைப் பொறுத்து எலெக்ட்ரானின் மொத்தக் காந்தத் திருப்புத்திறன் உள்ளது (படம்-2). வெளிப்புறச்சுற்றில் ஓர் எலெக்ட்ரான் உள்ள அணுவில், l=0 என்ற நிலையில் இருக்கும்போது அணு, எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சியால் மட்டும் காந்தத் திருப்புதிறன் பெறுகிறது. இந்தக் காந்தத் திருப்புதிறன் வெளிக்காந்தப்புலத்திற்கு இணையாகவோ, எதிரிணையாகவோ செயல்படுகிறது. அணு l=1 என்ற நிலையில் இருக்கும்போது j=1/2 அல்லது 3/2 என்றும் இந்த இரு நிலைகளுக்கும் லாண்டே g காரணி மதிப்பு 2/3, 4/3 என்றும் ஆகிறது. அதாவது காந்தத் திருப்பு திறனுக்கும் கோண உந்தத்துக்கும் உள்ள விகிதம் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தின் தனிப்பண்பையோ சுழற்சி இயக்கத்தின் தனிப்பண்பையோ காட்டுவதாக இல்லை. ஒரு காந்தப்புலத்தில் l மற்றும் j ஆல் குறிக்கப்படும் ஆற்றல் மட்டம், வெளிக் காந்தப்புலத் திசையில் j யின் கூறுகளான m_j ஆல் குறிக்கப்படும் பல ஆற்றல் மட்டங்களாகப் பிரிகிறது. இங்கு mj இன் மதிப்பு mj=j, (j-1), ...O... (j+1), j ஆகும். ஓர் ஆற்றல் மட்டத்தின் ஆற்றல் மதிப்பு, சுழிபுல ஆற்றலும், m; gj μ_0H என்ற காரணியின் மதிப்பும் சேர்ந்ததாகும். இங்கு μ_0= ஒரு போர் மேக்னட்டான் மதிப்பு; H= புறக்காந்தப் புல மதிப்பு.

காந்தப்புலம் அற்ற நிலையில் ஒரு வரியாக இருக்கும் நிறமாலை வரி, காந்தப்புலத்தில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலான வரிகளாகப் பிரிவதைச் சீமன் விளைவு என்கின்றனர். எலெக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தை மட்டும் வைத்து, சீமன் விளைவை விளக்க முடியாதபோது அது முரணிய சீமன் விளைவு எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சியையும் கணக்கில் கொண்டால் சீமன் விளைவு அனைத்தையும் விளக்க முடியும், காண்க, சீமன் விளைவு.

அணுக்கற்றை அளவீடு. எலெக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை மற்றும் தற்சுழற்சி இயக்கங்களினால் உண்டாகும் காந்தச் சுழற்றுத் திறனை உடைய ஓர் அணுவை ஒரு சிறிய காந்தம் எனக் கருதலாம். இதன் அளவுகள் சிறியவையாயினும், வரையறுக்கப்பட்டன ஆகும். இத்தகைய அணுகாந்தம், ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும்போது காந்தப் புலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்துச் செயல்படுகிறது. ஓர் அணுக்கற்றையை ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தின் வழியே, காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் செல்லுமாறு செய்து அதில் ஏற்படும் விலக்கங்களை அளவீடு செய்வதன் மூலம் அணுவின் காந்தத் திருப்பு திறனையும், எலெக்ட்ரானின் காந்தத்



படம் 2. திசையன் கூட்டுத்தொகையான j திசையன் மற்றும் அனுமதிக்கப்பட்ட m_j இன் மதிப்புகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. அடைப்புக்குள் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுழி (0) அனுமதிக்கப்பட்ட மதிப்பு இல்லை.

திருப்பு திறனையும் மிகத் துல்லியமாக அளவீடு செய்யலாம். நிறமாலையியலின் சிறந்த ஆய்வு அமைப்புகளைக் கொண்டு இது இயலுவதாகிறது.

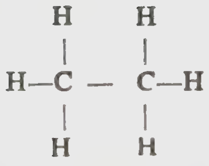
1940ஆம் ஆண்டிற்கு முன்பு நிறமாலையியல் அளவீடுகள் யாவும் கண்ணுறு நிறமாலைகளில் மட்டுமே செய்யப்பட்டன. இந்நிறமாலைகளில் நிற மாலை வரிகள் சற்றே அகலமாய் இருந்தன. இதனால் சீமன் விளைவு போன்றவை வரிகளின் அகலத்திலேயே ஒன்றி விடுவதால் நிறமாலை வரி பிரிப்புகளை மிகவும் சரியாக அளக்க முடியவில்லை. செய்யப்பட்ட ஆய்வு முடிவுகளிலிருந்து $g_s/g_l=2$ எனப் பெறப்பட்டது, இதில் g_s என்பது எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சிக்கான g காரணியாகும். g_l என்பது எலெக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்திற்கான g காரணியாகும். 1940ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகு நிறமாலையியல் வளர்ச்சியுறத் தொடங்கியபின், அணுக்கற்றை முறைகளைக் கொண்டு g_s/g_l மதிப்பை மிகவும் துல்லியமாகவும் சரியாகவும் அளந்தபோது, அது 2 ஐ விடச் சற்று அதிகமாயிருப்பது தெரிய வந்தது. இந்த முரண்பாடு g காரணி முரண்பாடு (g-factor anomaly) எனப்படும்.

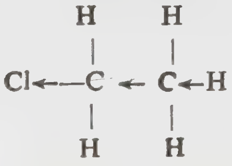
- கு. கணபதி

எலெக்ட்ரான் தூண்டல் விளைவு

கரிம மூலக்கூறு ஒன்றினுள் ஒரு பிணைப்பு முனைவுற்றிருப்பின் அது அடுத்துள்ள பிணைப்பையும் முனைவு கொள்ளச் செய்யும். இவ்விளைவே தூண்டல் விளைவு (inductive effect) எனப்படுகிறது. மூலக்கூறினுள் அமைந்துள்ள மின்னேற்றத்தாலோ இருமுனையினாலோ பிணைப்பு முனைவு கொள்வதால் தூண்டல் விளைவு தோன்றுகிறது. ஈத்தேன் மூலக்கூறிலுள்ள கார்பன்-கார்பன் பிணைப்பு முனைவிலாப் பிணைப்பாயிருக்க, எத்தில் குளோரைடில் உள்ள கார்பன்-கார்பன் பிணைப்பு முனைவு கொண்டிருப்பதற்குத் தூண்டல் விளைவே காரணமாகும். எலெக்ட்ரான் ஈர்க்கும் குளோரின் அணு கார்பன் அணுவுடன் இணைக்கும் பிணைப்பு இணை எலெக்ட்ரான்களைத் தன்பால் ஈர்ப்பதால் கார்பன்-குளோரைடு பிணைப்பு முனைவு கொள்கிறது. இதனால் கார்பன் அணு இழப்பை ஈடுசெய்யும் வகையில், அடுத்துள்ள கார்பன் அணுவுடன் இணைக்கும் பிணைப்பு எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கும். இதனாலேயே எத்தில் குளோரைடிலுள்ள கார்பன்-கார்பன் பிணைப்பு முனைவு கொள்கிறது.

இத்தகைய எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பினால் தோன்றக்கூடிய தூண்டல் விளைவினை எதிர்த் தூண்டல் விளைவு (—I effect) எனக் குறிப்பிடலாம். எதிர்த்

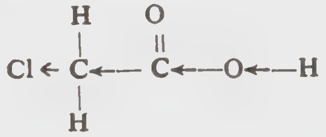

ஈத்தேன்


எத்தில் குளோரைடு

தூண்டல் விளைவைத் தோற்றுவிக்கும் தொகுதிகளில் சில, திறன் இறங்கு வரிசையில் வருமாறு; NR_3^+, SR_2^+, NH_3^+, NO_2, SO_2R, CN, CO_2 H,F, Cl, Br, I, OR, OH.

எலெக்ட்ரான் விலக்கும் தொகுதிகளாலும் தூண்டல் விளைவு தோன்றக்கூடும். இத்தகைய தூண்டல் விளைவே நேர் தூண்டல் விளைவாகும். திறன் இறங்கு வரிசையில் நேர் தூண்டல் விளைவைத் தோற்றுவிக்கும் தொகுதிகளில் சில: O^- CO_2^-, $(CH_3)_3C$, $(CH_3)_2$ CH, CH_3-CH_2, CH_3.

தூண்டல் விளைவால் மூலக்கூறின் ஒரு பிணைப்பில் ஏற்படும் முனைவு மூலக்கூறின் மறுமுனை வரை செலுத்தப்படுகிறது. குளோரோஅசெட்டிக் அமிலத்தின் மிகுதியான அமிலத்தன்மை இக்கருத்தைத் தெளிவுபடுத்தும். இவ்வமிலத்திலுள்ள குளோரின் மிகுதியான எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றலால் பிணைப்பு இணை எலெக்ட்ரான்களைத் தன்பால் ஈர்ப்பதனால் விளையும் தூண்டல் விளைவு, அடுத்தடுத்த பிணைப்புகளின் வழியே ஆக்சிஜன் அணுவை அடைந்து அதனுடன் இணைந்துள்ள ஹைட்ரஜன் அணுவை எளிதில் நேர் அயனியாக விடுபடச் செய்கிறது. எனவேதான் அசெட்டிக் அமிலத்தை விடக் குளோரோ அசெட்டிக் அமிலம் ஏறத்தாழ 10, 000 மடங்கு மிகுதியான அமிலத்தன்மையைப் பெற்றுள்ளது.



தூண்டல் விளைவு நிலையான விளைவாகும். இவ்விளைவின் திறன் தோற்றுவாயிலிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்ல விரைவாகக் குறையும். இவ்வுண்மையைப் பின்வரும் அமிலங்களின் அமில மாறிலி மதிப்புகளிலிருந்து அறியலாம்.

CH_3 CH_2 CH_2 COOH	1.52×10^{-5}ka
CH_3 CH_2 CHCl COOH	139×10^{-5} ,,
CH_3 CHCl CH_2 COOH	8.89×10^{-5} ,,
Cl CH_2 CH_2 CH_2 COOH	2.96×10^{-5} ,,

குளோரின் அணு அமிலத் தொகுதியிலிருந்து (-COOH) விலகிச் செல்லச் செல்ல அமிலங்களின் அமிலத் தன்மை விரைவாகக் குறைந்து வருவதை அறியலாம்.

தூண்டல் விளைவிலிருந்து பிரித்தறிய இயலாத மற்றொரு விளைவும் மூலக்கூறுகளில் காணப்படலாம். இது புல விளைவு (field effect) எனப்படும். இது பிணைப்புகளின் வழியே செயல்படாமல் இடைவெளி வழியே நேரடியாகச் செயல்படும்.

- தி. இளம்பூரணன்

எலெக்ட்ரான் நாட்டம்

வளிம நிலையிலுள்ள ஓரணுவில் ஓர் எலெக்ட்ரானைச் சேர்க்கும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் (electron affinity) எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

இயல்பான நிலையில் உள்ள ஓர் அணு மின் சுமையற்று இருக்கும்; எலெக்ட்ரான்கள் தம் பாதைக்கு ஏற்ப வெவ்வேறு ஆற்றல் நிலைகளில் இருக்கும். இந்த அணுவிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரானை வெளியேற்றினால் அந்த அணு நேர்மின் அயனியாகி விடும்; இவ்வயனியாக்கத்திற்குத் தேவையான ஆற்றலை அளக்க வேண்டும். இதற்கு நேர்மாறாக மின் நடுநிலையில் உள்ள ஓர் அணுவோடு ஓர் எலெக்ட்ரானைக் கூடுதலாகச் சேர்த்தால் அது எதிர்மின் அயனியாகிவிடும். இச்செயலின் போது அணுவிலிருந்து ஆற்றல் வெளிப்படும். இவ்வாறு வெளிப்படும் ஆற்றலே எலெக்ட்ரான் நாட்டம் எனப்படும். இந்த நிகழ்ச்சியைப் பின்வரும் வேதிச் சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

$$A \text{ (வளிமம்)} + e^- \rightarrow A^- \text{ (வளிமம்)}$$

இங்கே, A (வளிமம்) என்பது வளிம நிலையில் உள்ள ஓர் அணு, e^- என்பது எலெக்ட்ரான். எலெக்ட்ரானை ஏற்ற அணு, A^- (வளிமம்) எனும் அயனியாகின்றது. இச்செயலில் வெளிவரும் ஆற்றலே எலெக்ட்ரான் நாட்டம் ஆகும்.

எலெக்ட்ரான் நாட்டத்தைப் பிறிதொரு வகையாகவும் குறிக்கலாம். அயனியாக உள்ள ஓர் அணு ஓர் எலெக்ட்ரானை வெளியேற்றி மின்சுமையற்ற அணுவாக மாறும் செயலுக்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலை எலெக்ட்ரான் நாட்டம் எனலாம். இதைப் பின்வரும் சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

$$A^- \text{ (வளிமம்)} \rightarrow A \text{ (வளிமம்)} + e^-$$

வெவ்வேறு தனிம அணுக்களின் பருமன் வேறுபடுவதாலும், அவற்றில் உள்ள எலெக்ட்ரான் நிறைகளின் ஆற்றல்களும் வெவ்வேறாக இருப்பதாலும் புறத்தேயிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரானை ஓர் அணு ஏற்கும்போது அந்த அணுவின் பருமனளவைப் பொறுத்தும், எலெக்ட்ரான் சென்று சேரும் ஆற்றல் நிலையைப் பொறுத்தும் தனிம அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் மாறுபடும் என்பது தெளிவு. எலெக்ட்ரான் நாட்டங்களை அளவிடுதல் அயனியாக்க ஆற்றலை அளவிடுதலைவிடக் கடினமானது. சில தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் நாட்டங்கள் கீழ் வரும் அட்டவணையில் தரப்பெற்றுள்ளன.

எலெக்ட்ரான் சேர்க்கையின்போது ஆற்றல் வெளிப்படுமானால் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் எதிர்க் குறியுடையதாகவும், ஆற்றல் உட்கவரப்பட்டால் நேர்குறியுடையதாகவும் கொள்வது மரபு.

எலெக்ட்ரான் நாட்டம் கிலோ ஜூல்/மோல்.

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
H — 73						
Li — 60	Be 100	B — 23	C — 123	N O	O — 141	F — 322
Na — 53	Mg 30	Al — 50	Si — 120	P — 74	S — 200	Cl — 348
K — 48			Ge — 116	As — 77	Se — 195	Br — 324
Rb — 47			Sn — 121	Sb — 101	Te — 190	I — 295

தனிம வரிசை அட்டவணையில் VIIA தொகுதித் தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் நாட்டங்கள் மிக உயர்வாக உள்ளன. இதற்குக் காரணம், இவ்வணுக்கள் அளவில் சிறியவை; இவற்றின் அணுக்கருவைச் சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவின் நேர் மின்னூட்டத்தின் ஆற்றல் புலத்தை மறைத்துவிடுவதில்லை. அதனால் நேர்மின் கருவானது புதிய எலெக்ட்ரான்களை நன்கு கவரும் தன்மை பெற்றுள்ளது. மேலும், இவ்வணுக்களில் கூடுதலாக ஓர் எலெக்ட்ரானைச் சேர்ந்தால் அவை உயர் வளிம அணுக்களின் அமைப்பைப் பெறுவதால் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் உயர்ந்துவிடுகிறது. மேலும் இக்குழுவில் மேலிருந்து கீழாகச் செல்லும்போது (ஃபுளூரினிலிருந்து அயோடைடு வரை வரிசையாக) ஃபுளூரின் நீங்க ஏனைய ஹாலோஜன்களின் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் குறைந்து கொண்டே செல்வதையும் காணலாம். சேரும் எலெக்ட்ரான்கள் அணுவின் உயர் ஆற்றல் மட்டங்களை அடைவதே இதற்குக் காரணம் ஆகும். தாழ் ஆற்றல் மட்டத்தைவிட உயர் ஆற்றல் மட்டத்தை எலெக்ட்ரான் அடைந்தால் வெளிப்படும் ஆற்றல் குறைவாக இருக்கும் என்பதனை ஆற்றல் நிலைப் படங்களின் மூலம் எளிதாக அறிந்து கொள்ளலாம். ஃபுளூரின் அணுவின் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் மட்டும் சற்றுக் குறைந்து காணப்படுவதற்குரிய காரணம் அணுக்கருவைச் சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான்கள் புறத்தே இருந்து வரும் எலெக்ட்ரானைச் சேரவிடாமல் ஓரளவு எதிர்ப்பதே எனலாம்.

IA தொகுதி அணுக்களின் இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று ஆகும். இவை அணுக்கருக்களால் இலேசாகவே கவரப்படுகின்றன. எனினும் இவற்றோடு புதியதாக ஓர் எலெக்ட்ரான் சேருமானால் அவ்வாறு சேரும் எலெக்ட்ரான் ஓர் s எலெக்ட்ரானாகவே தாழ்ந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்குச் சென்று அந்த ஆற்றல் மட்டத்தை நிறைவு செய்வதால் இவற்றின் எலெக்ட்ரான் நாட்டங்கள் எதிர்க் குறியுடையனவாக இருக்கின்றன.

IIA தொகுதி அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் நாட்டங்கள் மட்டும் எதிர்க்குறி உடையனவாக இருக்கின்றன. அதாவது, எலெக்ட்ரான் சேர்க்கைக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்பட வேண்டும். ஆனால் ஆற்றல் வெளிப்படாது. இச்சேர்க்கையின்போது சேரும் எலெக்ட்ரான் p எலெக்ட்ரானாக உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்குச் செல்லவேண்டியிருப்பதே இவற்றில் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் நேர்குறியுடையதாக இருப்பதற்குக் காரணம் ஆகும்.

IIIA, IVA தொகுதி அணுக்களின் அணுக்கரு மின்னூட்டம் உயர்வாக இருப்பதால் இங்கு எலெக்ட்ரான் சேர்க்கை எளிதாகின்றது. இவ்வாறே மற்ற தனிமங்களின் எலெக்ட்ரான் நாட்ட மதிப்புகளையும் அவ்வணுக்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்புகளின் மூலம் அறியலாம்.

முன்னரே ஓர் எலெக்ட்ரானைக் கூடுதலாகக் கொண்ட ஓர் எதிர்மின் அயனியுடன் மேலும் ஓர் எலெக்ட்ரானைச் சேர்க்க முனைந்தால் முன்னரே கூடுதலாக உள்ள எலெக்ட்ரான் இரண்டாம் கூடுதல் எலெக்ட்ரான் சேர்க்கையை எதிர்க்கும். இந்த எதிர்ப்பை மீறி இரண்டாம் எலெக்ட்ரானைச் சேர்க்க வேண்டியுள்ளதால் இதற்கான எலெக்ட்ரான் நாட்டம் நேர்குறி உடையதாகும். ஆக்சிஜன், கந்தகம் ஆகியவற்றின் முதல், இரண்டாம் எலெக்ட்ரான் நாட்டம் (கிலோ ஜூல்/மோல்) கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

அணு	முதல் எலெக்ட்ரான் சேர்க்கைக்கு	இரண்டாம் எலெக்ட்ரான் சேர்க்கைக்கு
ஆக்சிஜன்	- 141	+ 844
கந்தகம்	- 200	+ 532

ஓர் அணு எந்த அளவிற்கு ஓர் எலெக்ட்ரானை ஏற்றுக்கொள்ளும் என்பதைக் குறிக்கும் ஓர் அளவீடே எலெக்ட்ரான் நாட்டம் எனப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் நாட்ட அளவீடுகள் அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பை உறுதி செய்ய உதவுகின்றன. பொருள்களின் வேதியியல் பண்புகளை நிர்ணயிப்பதில் எலெக்ட்ரான் நாட்டங்கள் முக்கிய இடம் பெறுகின்றன.

- ச. சம்பத்

எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு

அணுக்களில் எலெக்ட்ரான்கள் பெற்றிருக்கின்ற ஆற்றலுக்குத் தக்கவாறு, அணுக்கருவிற்கு அருகில் மிகக் குறுகிய இடைவெளியில் அடுத்தடுத்துள்ள பல்வேறு சுற்றுப் பாதைகளில் இயங்குகின்றன. தாழ்வான அல்லது கிளர்வுற்ற ஆற்றல் நிலைகளில் ஓர் அணுவில் எலெக்ட்ரான்கள் அவற்றின் சுற்றுப் பாதைகளில் அமைந்துள்ள அமைப்பை எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு (electron configuration) குறிப்பிடுகிறது. சுற்றுப்பாதை எலெக்ட்ரான்களின் சிறப்புப் பண்புகளைக் குறிக்கும் குவாண்டம் எண்களைக் கொண்டு அணு எலெக்ட்ரான்களின் நிலை அமைப்பு குறிக்கப்படுகிறது. அணு, அயனிகளின் எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பைக் குறிப்பிட இரண்டு குவாண்டம் எண்கள் தேவைப்படுகின்றன. அவை முதன்மை (principal), ஆர்பிட்டல் (orbital) குவாண்டம் எண்கள் ஆகும். முதன்மைக் குவாண்டம் எண் n என்றும் ஆர்பிட்டல் குவாண்டம் எண் l என்றும் குறிப்பிடப்படும். முதன்மை

தனிமம்	அணு எண்	K 1, 0 1s	L 2, 0 2s	2, 1 2p	M 3, 0 3s	3, 1 3p	3, 2 3d	N 4, 0 4s	4, 1 4p	4, 2 4d	4, 3 4f	O 5, 0 5s	5, 1 5p	5, 2 5d	5, 3 5f	அடிமட்ட நிலைக் குறியீடு	அயனியாக்கப் பின்னழுத்தம் ev
H	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	13.5981
He	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	24.5868
Li	3	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	5.3916
Be	4	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	9.322
B	5	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{1/2}$	8.298
C	6	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^3P_0$	11.260
N	7	2	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^4S^0_{3/2}$	14.534
O	8	2	2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^3P_2$	13.618
F	9	2	2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{3/2}$	17.422
Ne	10	2	2	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	21.564
Na	11	நியான் நிலை அமைப்பு			1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	5.139
Mg	12				2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	7.646
Al	13				2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{1/2}$	5.986
Si	14				2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^3P_0$	8.151
P	15				2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^4S^0_{3/2}$	10.486
S	16				2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^3P_2$	10.360
Cl	17				2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{3/2}$	12.967
Ar	18				2	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	15.759
K	19	ஆர்கான் நிலை அமைப்பு					—	1	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	4.341
Ca	20						—	2	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	6.113
Sc	21						1	2	—	—	—	—	—	—	—	$^2D_{3/2}$	6.54
Ti	22						2	2	—	—	—	—	—	—	—	$^3F_2$	6.82
V	23						3	2	—	—	—	—	—	—	—	$^4F_{3/2}$	6.74
Cr	24						5	1	—	—	—	—	—	—	—	$^7S_3$	6.765
Mn	25						5	2	—	—	—	—	—	—	—	$^6S_{5/2}$	7.432
Fe	26						6	2	—	—	—	—	—	—	—	$^5D_4$	7.870
Co	27						7	2	—	—	—	—	—	—	—	$^4F_{9/2}$	7.86
Ni	28						8	2	—	—	—	—	—	—	—	$^3F_4$	7.635
Cu	29						10	1	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	7.726
Zn	30						10	2	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	9.394
Ga	31						10	2	1	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{1/2}$	5.999
Ge	32						10	2	2	—	—	—	—	—	—	$^3P_0$	7.899
As	33						10	2	3	—	—	—	—	—	—	$^4S^0_{3/2}$	9.81
Se	34						10	2	4	—	—	—	—	—	—	$^3P_2$	9.752
Br	35						10	2	5	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{3/2}$	11.814
Kr	36						10	2	6	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	13.999
Rb	37	கிரிப்டான் நிலை அமைப்பு								—	—	1	—	—	—	$^2S_{1/2}$	4.177
Sr	38									—	—	2	—	—	—	$^1S_0$	5.693
Y	39									1	—	2	—	—	—	$^2D_{3/2}$	6.38
Zr	40									2	—	2	—	—	—	$^3F_2$	6.84
Nb	41									4	—	1	—	—	—	$^6D_{1/2}$	6.88
Mo	42									5	—	1	—	—	—	$^7S_3$	7.10
Tc	43									5	—	2	—	—	—	$^6S_{5/2}$	7.28
Ru	44									7	—	1	—	—	—	$^5F_5$	7.366
Rh	45									8	—	1	—	—	—	$^4F_{9/2}$	7.46
Pd	46									10	—	—	—	—	—	$^1S_0$	8.33

தனிமம் அணு எண்		உட் கூடுகளின் நிலை அமைப்பு	N	O				P			Q	அடிமட்ட நிலைக் குறியீடு	அயனியாக்கப் பின்னழுத்தம் eV
			4, 3 4f	5, 0 5s	5, 1 5p	5, 2 5d	5, 3 5f	6, 0 6s	6, 1 6p	6, 2 6d	7, 0 7s		
Ag	47	பல்லாடியம் நிலை அமைப்பு	—	1	—	—	—	—	—	—	—	$^2S_{1/2}$	7.576
Cd	48		—	2	—	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	8.993
In	49		—	2	1	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{1/2}$	5.786
Sn	50		—	2	2	—	—	—	—	—	—	$^3P_0$	7.344
Sb	51		—	2	3	—	—	—	—	—	—	$^4S^0_{3/2}$	8.641
Te	52		—	2	4	—	—	—	—	—	—	$^3P_2$	9.01
I	53		—	2	5	—	—	—	—	—	—	$^2P^0_{3/2}$	10.457
Xe	54		—	2	6	—	—	—	—	—	—	$^1S_0$	12.130
Cs	55	1S முதல் 4d வரையுள்ள கூடுகளில் 46 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன.	—	5S முதல் 5p வரையுள்ள கூடுகளில் 8 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன.		—	—	1	—	—	—	$^2S_{1/2}$	3.894
Ba	56		—			—	—	2	—	—	—	$^1S_0$	5.211
La	57		—			1	—	2	—	—	—	$^2D_{3/2}$	5.5770
Ce	58		1			1	—	2	—	—	—	$^1G^0_4$	5.466
Pr	59		3			—	—	2	—	—	—	$^4I^0_{9/2}$	5.422
Nd	60		4			—	—	2	—	—	—	$^5I_4$	5.489
Pm	61		5			—	—	2	—	—	—	$^6H^0_{5/2}$	5.554
Sm	62		6			—	—	2	—	—	—	$^7F_0$	5.631
Eu	63		7			—	—	2	—	—	—	$^8S^0_{7/2}$	5.666
Gd	64		7			1	—	2	—	—	—	$^9D^0$	6.141
Tb	65		9			—	—	2	—	—	—	$^6H^0_{15/2}$	5.852
Dy	66		10			—	—	2	—	—	—	$^5I_8$	5.927
Ho	67		11			—	—	2	—	—	—	$^4I^0_{15/2}$	6.018
Er	68		12			—	—	2	—	—	—	$^3H_6$	6.101
Tm	69		13			—	—	2	—	—	—	$^2F^0_{7/2}$	6.184
Yb	70		14			—	—	2	—	—	—	$^1S_0$	6.254
Lu	71		14			1	—	2	—	—	—	$^2D_{3/2}$	5.426
Hf	72	1S முதல் 5p வரையுள்ள கூடுகளில் 68 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன.				2	—	2	—	—	—	$^3F_2$	6.865
Ta	73					3	—	2	—	—	—	$^4F_{3/2}$	7.88
W	74					4	—	2	—	—	—	$^5D_0$	7.98
Re	75					5	—	2	—	—	—	$^6S_{5/2}$	7.87
Os	76					6	—	2	—	—	—	$^5D_4$	8.5
Ir	77					7	—	2	—	—	—	$^4F_{9/2}$	9.1
Pt	78					9	—	1	—	—	—	$^3D_3$	9.0
Au	79	1S முதல் 5d வரையுள்ள கூடுகளில் 78 எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன.					—	1	—	—	—	$^2S_{1/2}$	9.22
Hg	80						—	2	—	—	—	$^1S_0$	10.43
Tl	81						—	2	1	—	—	$^2P^0_{1/2}$	6.108
Pb	82						—	2	2	—	—	$^3P_0$	7.417
Bi	83						—	2	3	—	—	$^4S^0_{3/2}$	7.289
Po	84						—	2	4	—	—	$^3P_2$	8.43
At	85						—	2	5	—	—	$^2P^0_{3/2}$	
Rn	86						—	2	6	—	—	$^1S_0$	10.749
Fr	87						—	2	6	—	1	$^2S_{1/2}$	
Ra	88						—	2	6	—	2	$^1S_0$	5.278
Ac	89						—	2	6	1	2	$^2D_{3/2}$	5.17
Th	90						—	2	6	2	2	$^3F_2$	6.08
Pa	91						2	2	6	1	2	$^4K_{11/2}$	5.89
U	92						3	2	6	1	2	$^5L_6$	6.05
Np	93						4	2	6	1	2	$^6L_{11/2}$	6.19
Pu	94						6	2	6	—	2	$^7F_0$	6.06
Am	95						7	2	6	—	2	$^8S^0_{7/2}$	5.993
Cm	96						7	2	6	1	2	$^9D^0_2$	6.02
Bk	97						9	2	6	0	2	$^6He^0_{5/2}$	6.23
Cf	98						10	2	6	0	2	$^5I_8$	6.30
Es	99						11	2	6	0	2	$^4I^0_{15/2}$	6.42
Fm	100						12	2	6	0	2	$^3H_6$	6.50
Md	101						13	2	6	0	2	$^2F^0_{7/2}$	6.58
No	102						14	2	6	0	2	$^1S_0$	6.65
Lw	103						14	2	6	1	2		

குவாண்டம் எண், அருகருகே அமைந்துள்ள ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒரு சில சுற்றுப்பாதைகள் அடங்கிய அமைப்பான கூடுகளைக் (shell) குறிப்பிடுகின்றது. தொடக்கத்திலிருந்து அடுத் தடுத்த கூடுகளை 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 என்ற முதன்மைக் குவாண்டம் எண்களாலும், K, L, M, N, O, P, Q என்ற குறியீடுகளினாலும் குறிப்பிடலாம். சுற்றுப்பாதைக் குவாண்டம் எண்ணும் முழு எண் மதிப் புடையதாக இருக்கின்றது. இது, வட்ட இயக்கத் தால் எலெக்ட்ரான்கள் பெற்றிருக்கிற கோண உந் தத்தை $\frac{h}{2\pi}$ அலகில் குறிப்பிடுவதாக இருக்கின் றது. இவ்வலகு முறையில் ஓர் எலெக்ட்ரான் 0, 1, 2, 3, 4 ... என்ற அளவில் மட்டுமே தன் சுற்றுப் பாதைக் கோண உந்தத்தைப் பெற்றிருக்க முடியும். சுற்றுப் பாதைக் கோண உந்தம் 0, 1, 2, 3, 4 ... உடைய எலெக்ட்ரான்களை முறையே s, p, d, f - எலெக்ட்ரான்கள் எனப் பெயரிடலாம். இந்த நான்கு l மதிப்புகளையும், ஏழு n மதிப்புகளையும் கொண்டு இயற்கையில் காணப்படுகின்ற அனைத்து அணு, அயனிகளின் தாழ் ஆற்றல் நிலையில் எலெக்ட் ரான்களின் நிலை அமைப்பை நிறுவலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட நிலை அமைப்பில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களை, முதன்மைக் குவாண்டம் எண் ணாலும், ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுப் பாதைக் கோண உந்தமுடைய எலெக்ட்ரானைக் குறிப்பிடப் பயன்படுத் தும் குறியீட்டாலும் குறிக்கலாம். பாலியின் ஒதுக்கல் விதிப்படி, ஒரு குறிப்பிட்ட ஆற்றல் மட்டத்தில், அனைத்துக் குவாண்டம் எண்களும் சமமாக உள்ள வாறு இரு எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதில்லை. மேலும் ஓர் எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி காரணமாக ஒரு கோண உந்தத்தைப் பெற்றிருக்கும். இதன் மதிப்பு $\frac{h}{2\pi}$ அலகில் 1/2 மதிப்புடையதாக இருக்கும். ஒரு புற காந்தப் புலத்தில் எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி, புலத் திசைக்கு இணையாகவோ எதிரிணையாகவோ இருக் கலாம். இவ்விரு எலெக்ட்ரான்களும் வெவ்வேறு அளவுள்ள ஆற்றல்களைப் பெற்றிருப்பதால் அவற் றைத் தற்சுழற்சிக் காந்தக் குவாண்டம் எண் (spin magnetic quantum number) +1/2,-1/2 எனக் குறிப் பிடுவர். புற காந்தப் புலத்தை நீக்கி விட்டால், இவ் விரு எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மட்டங்கள் ஒருங் கிணைந்து விடுகின்றன. இக்கருத்துகளைக் கொண்டு s,p,d,f சுற்றுப்பாதைகளில் இருக்கக்கூடிய எலெக்ட்ரான்களின் பெரும எண்ணிக்கையை 2,6, 10,14 என நிறுவலாம். இது s^2, p^6, d^{10}, f^{14} எனக் குறிக்கப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் பொதுவாகத் தாழ்ஆற்றல் நிலையிலிருந்து படிப்படியாக மேல்மட்ட ஆற்றல் நிலைகள் வரை நிரப்பப்படுகின்றன. அணு வில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குத் தக்கவாறு, இந்த ஆற்றல் நிலைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வரை நிரப்பப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சோடியத்தின் தாழ் ஆற்றல் நிலை $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ ஆகும். n=1, l=0 என்ற குவாண்டம் எண்ணால் வரையறுக்கப்படுகின்ற இரு எலெக்ட்ரான்கள் முதல் கூட்டிலும், n=2 l=0 என்ற இரு எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டாம் கூட்டின் முதல் சுற்றுப்பாதையிலும், n=2,l=1என்ற ஆறு எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டாம் கூட்டின் இரண்டாம் சுற்றுப்பாதையிலும், n=3, l=0 என்ற ஒரு எலெக்ட்ரான் மூன்றாவது கூட்டின் முதல் சுற்றுப்பாதையிலும் இயங்குகின்றன என்பதை இதிலிருந்து எளிதில் புரிந்து சொள்ளலாம். குவாண் டம் எண்களின் மதிப்பை அதிகரிப்பதால் சோடியத் தின் உயர் ஆற்றல் நிலைகளைப் பெறலாம். இயற்கை மற்றும் புற யுரேனிய அணுக்களின் எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு அட்டவணை - 1இல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

குவாண்டம் இயக்கவியலின் செயலாக்கத்தினால் ஓர் அணுவின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலை அமைப்பு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையில் சில ஆற்றல் நிலை களுடன் அல்லது நிறமாலைக் குறியீடுகளுடன் தொடர்புடையதாக இருக்கின்றது என்று கூறலாம். அணுவின் நிறமாலைக்குக் காரணமாகும் கதிர் வீச்சு களின் சில தன்மைகளை இது புலப்படுத்திக் காட்டக்கூடியதாக இருப்பதால், நிறமாலையியலில் இது முக்கியமானதாகக் கருதப்படுகின்றது.

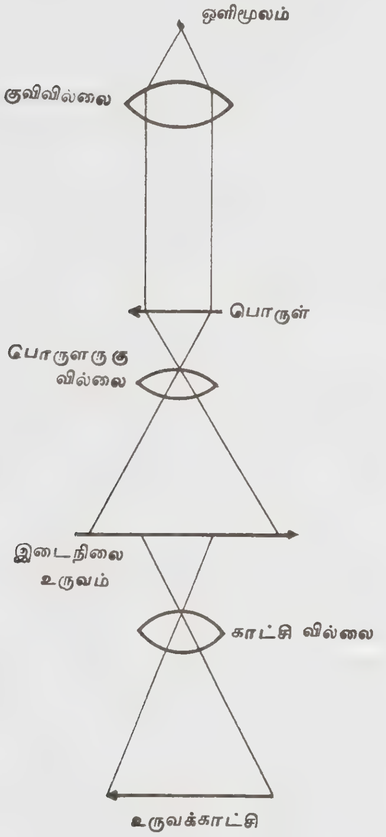
எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பை ஒருமை (odd) இருமை (even) என வகைப்படுத்தலாம். ஒரு நிலை அமைப்பில் உள்ள p மற்றும் f எலெக்ட்ரான்களின் கூடுதல் ஒற்றைப்படையாக இருந்தால் அது ஒருமை எனவும், இரட்டைப் படையாக இருந்தால் இருமை எனவும் கூறப்படும். நிறமாலையில் செய்யப்பட்ட ஆய்வுகள், நிறமாலைக்குரிய வரிகள் இடவலச் சம விளைவு (parity) மாறுபட்ட (ஒருமை ↔ இருமை) இரு நிலை அமைப்புகளிடையே ஏற்படும் எலெக்ட் ரான் பரிமாற்றத்தால் விளைகின்றன என்பதைப் புலப்படுத்தியுள்ளன.

- மெ. மெய்யப்பன்

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

வெறும் கண்களுக்குப் புலப்படாத நுண்ணிய பொருள்களைப் புலப்படுத்தும் இயற்பியல் கருவிகள் நுண்ணோக்கிகள் எனக் குறிக்கப்படுகின்றன. தனி நுண்ணோக்கி, கூட்டு நுண்ணோக்கி, மீ நுண்ணோக்கி (ultra microscope) போன்ற படைப்புகள் ஒளியியல் அடிப்படையில் இயங்கும் கருவிகளாகும். இதில் ஒளியைக் குவிக்கவும் விரிக்கவும்வல்ல கண்ணாடி யாலான வில்லைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு சிறந்த ஒளியியல்

நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு ஒரு மைக்ரோ மீட்டர் (ஒரு மீட்டரில் பத்து இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு) அளவுள்ள ஒரு பொருளை ஒன்று அல்லது இரண்டு மில்லிமீட்டர் அளவுள்ளதாகப் பெரிதாக்கிப் பார்க்க முடிகின்றது. அதாவது ஓர் ஒளியியல் நுண்ணோக்கி பெற்றிருக்கும் உருப்பெருக்கு திறனின் உயரளவு ஏறக்குறைய 2000 எனலாம்.



படம் 1 ஒளியியல் நுண்ணோக்கி

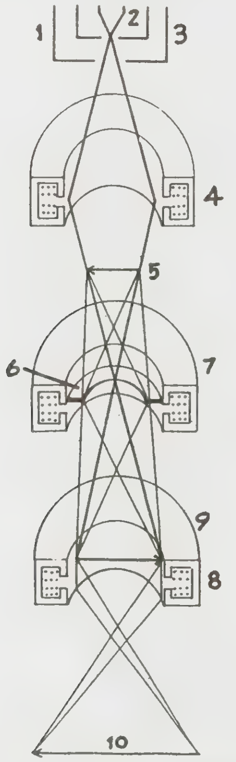
ஒரு நுண்ணோக்கியின் பயனுறுதிறன், அதன் பகுதிறன் (resolving power) காட்சித் தெளிவூட்டும் தன்மை (perceptibility) ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமையும். பொருளைப் புலப்படுத்தப் பயன்படுத்தப் படும் ஒளியின் அலைநீளம் பொருளால் எதிரொளிக் கப்படும் ஒளி நுண்ணோக்கியை அடைய உட்செல்லும் ஒளியியல் துளையின் முகப்பரப்பு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் இருக்கும். பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் குறைவாகவும், நுண்ணோக்கியின் ஒளியியல் துளை யின் முகப்பரப்பு அதிகமாகவும் இருக்குமெனில் அதன் பகுதிறன் அதிகமாக இருக்கும். பகுதிறனை அதிகரிக்கும் பொருட்டு நுண்ணோக்கியின் ஒளியியல் துளையின் முகப்பரப்பைத் தொடர்ந்து அதிகரிக்க முடிவதில்லை. இது நடைமுறைப் பயனுக்கு இடை யூறாக உள்ளது. தவிரவும் உருக்குலைவு, பிறழ்ச்சி போன்ற குறைபாடுகளினால் உருவத்தின் தெளிவைப் பாதிப்பதற்கு அகன்ற முகப்பரப்பு காரணமாக அமைகின்றது. இதனால் ஒளியியல் நுண்ணோக்கி களின் பயனுறு உருப்பெருக்கு திறனை ஒரு வரம்பிற் குட்பட்டே அதிகரித்துக்கொள்ள இயல்கிறது.

நுண்ணிய பொருள்களால், அலை நீளமிக்க ஒளி, சிதறலுக்கு உள்ளாவதில்லை என்பதால், நுண் ணோக்கி எவ்வளவு திறனூட்டப்பட்டதாக இருப் பினும், பயன்படுத்தப்படும் அலை நீளத்தைவிடக் குறைவான பரிமாணமுடைய எப்பொருளையும் அதனால் காண முடிவதில்லை. நுண் பொருள்களின் காட்சித் தெளிவு சிறிதும் குன்றாமல் உருப்பெருக் கத்தை அதிகரிக்க வேண்டுமாயின் ஒளி அலைகளை விடக் குறைந்த அலைநீளமுள்ள வேறு அலைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டியது இன்றியமையாதாகின்றது.

1923ஆம் ஆண்டில் லூயிஸ் டி பிராக்லி என் பார் எலெக்ட்ரான் துகள் வேகமாக இயங்கும்போது அலைபோலச் செயல்படுவதாகக் குறிப்பிட்டார். இதைப் பருப்பொருள் அலை (matter wave) என்பர். எலெக்ட்ரான் அலையின் அலை நீளம், அது பெற்றி ருக்கும் உந்தத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கின்றது என்பதால், எலெக்ட்ரானின் இயக்க வேகம் எவ்வள வுக்கு அதிகமாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவுக்கு எலெக்ட்ரான் அலையின் அலைநீளம் குறைவாக இருக்கும் எனலாம். எலெக்ட்ரான்களை உயர் வேகத்திற்கு முடுக்கி, ஒளி அலைகளைவிடக் குறை வான அலைநீளமுள்ள பொருள் அலைகளைப் பெறு வது இயலுவதாக இருப்பதால், நுண்பொருள்களைத் துலக்கப் பருப் பொருள் அலைகளைப் பயன்படுத்த லாம் என்பது தெரிய வந்தது. உயர் வேக எலெக்ட் ரான்கள், ஒளியைப் போலப் பொருளால் சிதறலுக்கு உள்ளாகின்றன என்பதும், வில்லைகளைக் கொண்டு ஒளியை ஒரு புள்ளியில் குவிப்பதைப் போல, மின் புலம் காந்தப் புலம் இவற்றைக் கொண்டு சிதறும் எலெக்ட்ரான்களை ஓரிடத்தில் குவிக்கமுடியும் என் பதும் ஆய்வுகள் மூலம் பின்னர் நிறுவப்பட்ட உண்மைகளாகும். இவ்வுண்மைகளே எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உருவாக்கத்திற்கு வழி வகுத்தன எனலாம்.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி. எலெக்ட்ரான் நுண் ணோக்கியின் எளிய அமைப்பு படம் 2இல் காட்டப் பட்டுள்ளது. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஏறக் குறைய ஒளியின் நுண்ணோக்கியை ஒத்திருந்தாலும் அடிப்படையில் இரு வேறுபாடுகளினால் மாறு பட்டிருக்கின்றது. முதலாவது, ஒளி மூலத்திற்கு மாறாக இதில் எலெக்ட்ரான் மூலம் பயன்படுத்தப் படுகின்றது. இரண்டாவது கண்ணாடி வில்லை களுக்கு மாறாகக் காந்த வில்லைகள் உள்ளன.

பொதுவாக எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் எலெக்ட்ரான் உமிழ்வான் (electron gun) அல்லது எதிர்மின் கதிர்க் குழாய் (cathode ray tube) எலெக்ட்ரான் மூலமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எலெக்ட்ரான் உமிழ்வானில் டங்ஸ்டன் இழை, குவிப்பான் மற்றும் நேர்மின்வாய் ஆகியன இருக்கும். டங்ஸ்டன் இழை மின்சாரத்தால் வெண்சூட்டை அடையும் போது, பெருவாரியான எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கின்றது. ஒரு நேர்மின் முனையைக் கொண்டு 50,000 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தி எலெக்ட்ரான்களைத் தேவையான அளவு முடுக்கிக் கொள்கின்றனர். எதிர்மின் குழாயில் தாழ்ந்த அழுத்தத்தில் மின்னிறக்கம் செய்வதால் எலெக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. உயர் மின்னழுத்தத்தினால் இவை முடுக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு முடுக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் சிறியதொரு துளைவழியாக வெளியேறுகின்றன.



படம் 2. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

1. எலெக்ட்ரான் உமிழ்வான் 2. மின் இழை 3. நேர் மின்வாய் 4. குவிப்பு வில்லை 5. பொருள் 6. ஒளியியில் துளை 7. பொருளருகு வில்லை 8. இடைநிலைக் காட்சி 9, காட்சி வில்லை 10. காட்சி.

பொருளில் விழுந்து சிதறும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்குமானால் அதன் உருப்பெருக்கமுற்ற காட்சி தெளிவாக இருக்கும். அதனால் குவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் செறிவை அதிகரிக்க வேண்டியது இன்றியமையாததாக இருக்கின்றது. இதற்குக் குறைந்த குவியத் தொலைவுடைய காந்த வில்லைகள் பயன்படுகின்றன. காந்த வில்லை என்பது உயர் காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்த வல்ல காந்தங்களின் அமைப்பாகும். எனினும் இவ்வமைப்பு இயல்பான காந்தங்களிலிருந்து மாறுபட்டுப் பல சிறப்புக் கூறுகளை உடையதாக இருக்கின்றது. உட்பக்கம் ஓர் இடைவெளியுடன் கூடிய இரும்பு உறையால் மூடப்பெற்றுள்ள மின்சுருள்கள் காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்தும்போது, காந்தப் பாய்வு (magnetic flux) அக்குறுகிய இடைவெளியில் அதிகரித்துக் காணப்படுகின்றது. இது புலத்தை ஊடுருவிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களைக் குவிக்க வல்லதாக இருக்கின்றது. எலெக்ட்ரான்கள் குவிக்கப்படும் குவியத்தை, காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தைத் தக்கவாறு மாற்றித் தகுந்தவாறு மாற்றிக் கொள்ள முடியும். பொதுவாகக் காந்த வில்லைகளையே எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் பயன்படுத்துகின்றார்கள். எனினும் மின் வில்லைகளையும் பயன்படுத்தலாம்.

இவ்வாறு காந்த வில்லையால் குவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் ஆய்வுப் பொருளின்மீது விழுந்து சிதறி, இரண்டாம் காந்த வில்லை வழியாகச் செல்கின்றன. அப்போது பொருளின் பெரிய உருவம் உண்டாகின்றது. மூன்றாவதாக ஒரு காந்த வில்லையை அமைத்து, பொருளின் உருவத்தை மேலும் மிகைப்படுத்தலாம். இவ்வாறு பெரிதுபடுத்தப்பட்ட உருவம் ஓர் ஒளிர்திரையில் (fluorescent screen) விழுந்து, பொருளின் உருவத்தைத் தெளிவாகப் புலப்படுத்திக் காட்டுகின்றது. காந்த வில்லைகளை அதிக அளவில் தக்க இடங்களில் பயன்படுத்திக் கொள்வதன் வழி ஓர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத் திறனைப் பத்து இலட்சம் வரை உயர்த்த இயலும். உருப்பெருக்கம் அதிகரிக்க ஒளிர்திரையில் ஓரலகுப் பரப்பில் விழும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவுறுவதால், காட்சித் தெளிவில் குறைவு ஏற்படுகின்றது. இதனால் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பயனுறு உருப்பெருக்கமும் ஒரு வரம்பிற்கு உட்பட்டதாக இருக்கின்றது எனலாம்.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியால் ஒரு பொருளை ஆராய வேண்டுமானால், அப்பொருள் மிகவும் மெல்லிய தடிப்புள்ளதாக இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் சிதறலுக்கு அதிகம் உள்ளாகாமல், எலெக்ட்ரான்களை ஊடுருவிச் செல்லப் பொருளை அனுமதிக்கக் கூடியதாக அமையும். இதற்கென பொருள் ஓர் ஒளியியல் கண்ணாடித் தகட்டில் மென்படலமாகப் படியவைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

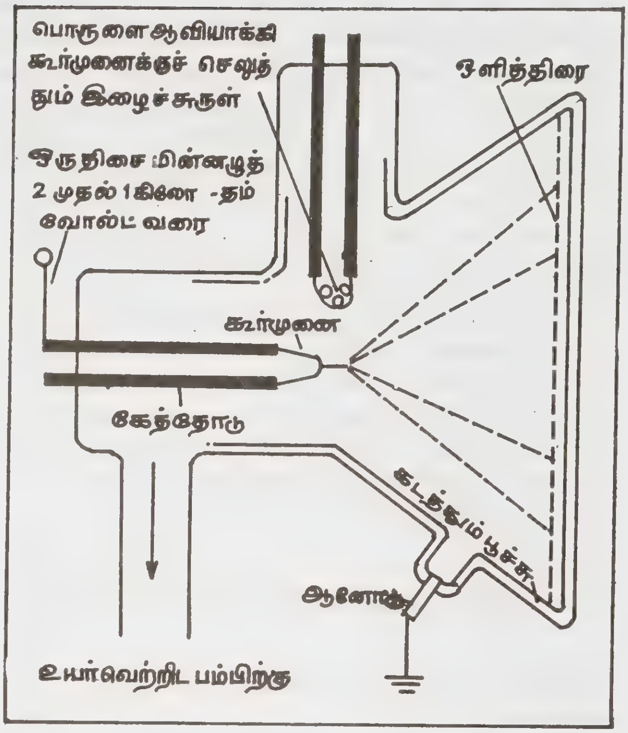
காற்று மூலக்கூறுகளுடன் எலெக்ட்ரான்கள் மோதித் திசை திரும்பக் கூடுமாகையால், அத்தகைய மோதல்களைத்தவிர்க்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். இதற்கு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை

இறுக்கமாக மூடிய ஒரு நீண்ட கண்ணாடியாலான பேழையில் பொருத்தி அகவெளி முழுமையும் வெற்றிடம் ஆக்கிக் கொள்ளப்படுகிறது.

எலெக்ட்ரான் அலையின் அலைநீளம், இயல் பாகக் கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் நிற அலைகளின் அலைநீளத்தைவிட 10^5 மடங்கு குறைவாக இருக்கின்றது. இதனால் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் ஒளியியல் நுண்ணோக்கியைவிட 10^5 மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். உருக்குலைவு பிறழ்ச்சி இவற்றைத் தவிர்த்துக்கொள்ள ஒளியியல் துளையின் முகப்பரப்பைக் குறைப்பதால் ஏற்படும் குறைவுறும் பகுதிறனையும் கருத்திற் கொண்டாலும் ஓர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் ஒளியியல் நுண்ணோக்கியைவிட அதிகமாகவே இருக்கின்றது, செறிவுள்ள எலெக்ட்ரான் கற்றையைத் தரவல்ல எலெக்ட்ரான் மூலத்தையும், அதிக அளவில் காந்த வில்லைகளையும் பயன்படுத்தி ஓர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனை 10^6 மடங்கிற்கும் கூடுதலாக அதிகரித்துக் கொள்ள முடியும். இதனால் ஒரு நுண்பொருளை 10^5-10^6 மடங்கு பெரிது படுத்திப் பார்ப்பது இயல்கிறது. மேலும் படிக அணிக்கோவையின் கட்டமைப்பு, மென்படலங்களின் தன்மை, உலோகம் மற்றும் படிக அமைப்பில் காணப் படும் ஒழுங்குலைவு (dislocation) உயிரியல் செல்களின் அமைப்பு மற்றும் அவற்றின் பண்புகள் ஆகிய வற்றைத் தெளிவாக அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது. தற்காலத்தில் நுண்வேதியியல் பகுப்பாய்வு முறைக்கு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி பயன்படுகிறது. மிக நுண்ணிய அளவில் கிடைக்கும் அரிய வேதிப்பொருள் களின் சேர்க்கை மற்றும் கட்டமைப்பை நுட்பமாக அறிந்துகொள்ள இது சிறந்ததாக இருக்கின்றது.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வகை. பயன் படுத்தக்கூடிய வகையில் அமைக்கப்பட்ட முதல் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி 1933இல் எர்னெஸ்ட் ருஸ்கா என்பாரால் உருவாக்கப்பெற்றது. எலெக்ட் ரான் நுண்ணோக்கியின் இயற்பியல், பயனுறுதிறன் மிக்க வேறு வகையான நுண்ணோக்கிகளுக்கும் வழி வகுத்துள்ளது. இவை புல அயனி நுண்ணோக்கி (field ion microscope) எனப்படும். இது பொருளை 50 இலட்சம் மடங்கு பெரிதாக்கிக் காட்ட வல்லது. இது ஓர் உலோகத்தின் பரப்பில் அமைந்துள்ள அணுக்களை அப்படியே படம் பிடித்துக் காட்டும் திறன் வாய்ந்தது (படம்-3).

எலெக்ட்ரான் பொருளை ஊடுருவிச் செல்லும் போது, மிகுந்த அளவு வெப்பத்தை உண்டாக்கிவிடு கின்றது. அவ்வெப்பத்தில் உயிரியல் செல்கள் இறந்து விடுகின்றன என்பதால் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி யால் உயிரியல் மூலக்கூறுகளை அதன் இயல்நிலையில் ஆய்வது இயலாததாக இருக்கின்றது. இக்குறை பாட்டை நீக்கும் பொருட்டுப் புதுமைப்படுத்தப்



படம் 3.

பட்ட எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியே துருவும் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (scanning electron microscope) ஆகும். இதில் எலெக்ட்ரான் கற்றை, பொருள் மென்படலமாகப் படிந்துள்ள கண்ணாடித் தகட்டை அதன் பரப்பு முழுமையும் ஒரு சீராகத் தொடர்ந்து அலைவுறுமாறு செய்யப் பட்டுள்ளது. இதனால் பொருளின் ஒரு பகுதியை எலெக்ட்ரான் தொடர்ந்து ஊடுருவிச் செல்வதற்கு மாறாக ஒரு குறுகிய கால இடைவெளியுடன் அடுத்தடுத்து ஊடுருவிச் செல்லுமாறு செய்யப்படு கின்றது. பொருள் விரைந்து வெப்பமூட்டப்படுவதை இது தவிர்த்து விடுகின்றது என்பதால், முகப்பரப்பு அலைவுறு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி உயிரியல் மூலக்கூறுகளை ஆராய்வதற்கு மிகவும் பயனுள்ள தாக விளங்குகின்றது. பொருளின் சிறு பரப்பை ஊடுருவி வெளியேறிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான் களைச் சேர்த்து, அவற்றைக் குறியீட்டு அலை களாக்கி விடுகின்றார்கள். இது ஏறக்குறைய முற்று மின்சுற்றுடன் (closed circuit) கூடிய தொலைக்காட்சி அமைப்பை ஒத்ததாகும். இக்குறியீட்டு அலைகள், தொலைக்காட்சிப் பேழையில் உள்ள அலைவாங்கி யைப் (receiver) போன்ற நுண்ணோக்கியின் இரண் டாம் பகுதிக்குக் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன. இதில் எதிர்மின் கதிர் குழாய் மூலம் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான் கற்றை ஓர் அகன்ற ஒளிர்திரையில் சீராகத் தொடர்ந்து அலைவுறுமாறு செய்யப்பட்டி ருக்கும். இதன் அலைவும், பொருளின் முகப்

பரப்பை அலைவுறும் எலெக்ட்ரான் கற்றையின் அலைவும், ஒத்திணக்கமாய் இயங்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். எலெக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு அலைப் பெருக்கத்திற்கு உள்ளாக்கப்பட்ட குறியீட்டு அலைகளுக்கு ஏற்ப அமைவதால், பொருளின் உருவத்தை ஒளிர் திரையில் பெறுவது இயல்கின்றது. இவ்வகை அமைப்பில் பொருளின் பிம்பத்தை மின் கம்பிகள் மூலம் தனித்துள்ள வேற்று ஆய்வுக் கூடங்களுக்கும் எடுத்துச் செல்ல இயல்கிறது.

உமிழ்வு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (emission electron microscope) என்ற வகையில் வெப்ப எலெக்ட்ரான்கள் அல்லது மின்னிறக்க எலெக்ட்ரான்களுக்கு மாறாக ஒளிமின் எலெக்ட்ரான்கள் (photo electrons) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இதில் எலெக்ட்ரான்களின் செறிவை அதிகரித்துக் கொள்ள முடிவதுடன், எளிதில் மாற்றிக் கொள்ளவும் முடிகின்றது.

- மெ. மெய்யப்பன்

எலெக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் இணைத்துகள் விளைச்சல்

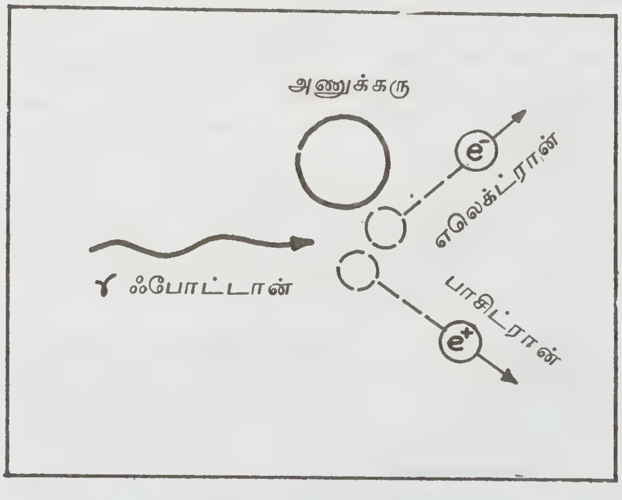
ஓர் அணுக்கரு அல்லது அடிப்படைத் துகளுக்கு அருகில் ஒரு ஃபோட்டான் செல்லும்போது அதன் ஆற்றல் ஓர் எலெக்ட்ரானும் ஒரு பாசிட்ரானுமாக மாறுகிறது. இச்செயல் இணைத்துகள் விளைச்சல் (pair production) எனப்படுகிறது. இச்செயலில் எலெக்ட்ரானையும் பாசிட்ரானையும் சேர்த்து இணைத்துகள் என்பர். வெளிப்புற இணைத்துகள் விளைச்சலில் (external pair production) மிகு ஆற்றல் கொண்ட காமா ஃபோட்டான் உட்கவரப்பட்டு இணைத்துகள் விளைகிறது. இதைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$r \longrightarrow e^{+} + e^{-}$$

காமாத்துகள் → பாசிட்ரான் + எலெக்ட்ரான்

உட்புற இணைத்துகள் விளைச்சலில் (internal pair production) கிளர்வுறு நிலையிலுள்ள ஓர் அணுக்கரு அதன் உள்ளாற்றலை (internal energy) வெளியிடும்போது இணைத்துகள் விளைகிறது. இணைத்துகள் விளைச்சல் ஆற்றலைப் பொருளாக மாற்றலாம் என்ற ஐன்ஸ்டனின் கோட்பாட்டை நிறுவுகிறது. பி.ஏ.எம். டிராக் என்பவரால் உருப்பெற்ற சார்புக் குவாண்டம் கோட்பாட்டை இது உறுதிப்படுத்துகிறது.

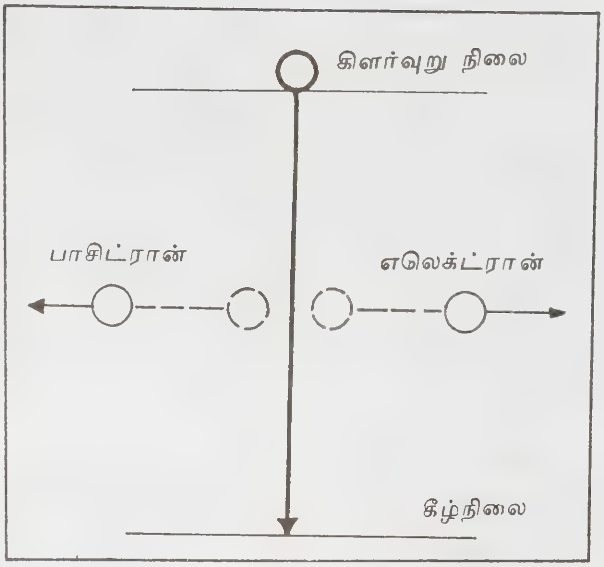
ஐன்ஸ்டினின் ஆற்றல் பொருண்மைக் கோட்பாட்டின்படி உட்கவரப்படும் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் $2\,m_oC^2$ (m_o = எலெக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை, C = ஒளி வேகம்) அதாவது 1.022 மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்கும் (மி.எ.வோ.) அதிகமாக இருந்தால்தான் வெளிப்புற இணைத்துகள் விளைச்சல் நடைபெற வாய்ப்புண்டு. இவ்வினையின் வாய்ப்பு காமா கதிரின் ஆற்றல் அதிகரிப்பிற்கேற்ப கூடுதலாக இருக்கும். ஹெச்.ஏ. பெத்தி என்பார் வினை வாய்ப்பிற்கும், அணுக்கருவின் அணுவெண்ணிற்கும் உள்ள தொடர்பை நிறுவினார். இவ்வாறு இணைத்துகள் விளைச்சலின் வாய்ப்பு அணுவெண்ணின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கின்றது. எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எலெக்ட்ரானும் நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட பாசிட்ரானும் ஃபெர்மி நிலையியலை (fermi statics) ஒத்துக்கொள்ளக்கூடிய, ஒரே நிறை உடைய துகள்களாகும். அவை ஒவ்வொன்றின் ஓய்வு நிலை ஆற்றல் (rest mass energy) 0.511 மி.எ.வோ. ஆகும். $h\nu$ என்பது ஃபோட்டானின் ஆற்றல் (ν = அதிர்வெண், h = ப்ளாங்கின் மாறிலி) என்றால், $h\nu = 2m_oC^2$ என்பது இணைத்துகளின் மொத்த வேக ஆற்றலாகும். இந்த வேக ஆற்றல் எலெக்ட்ரான், பாசிட்ரான்களுக்கிடையே எந்த விகிதத்திலும் ஏறக்குறைய சமநிகழ்வில் பிரிக்கப்படும். இதனால் ஒரு துகளின் வேகம் சுழி முதல் $h\nu - 2\,m_oC^2$ வரை சம நிகர்வில் இருக்கும். ஆனால் அணுக்கருவிற்கும் பாசிட்ரானுக்கும் இடையே நிலவும் நிலைமின் எதிர்ப்பு விசை (electro static repulsion) காரணமாக எலெக்ட்ரானை விடப் பாசிட்ரான் சராசரியாகச் சற்றுக் கூடுதலான வேக ஆற்றலுடன் காணப்படுகிறது. அழிவின்மை விதிகளின்படி உட்கவரப்பட்ட ஃபோட்டானின் ஆற்றலும் உந்தமும் இணைத்துகள் விளைச்சலில் விளைந்த இரு துகள்களுக்குக் கொடுக்கப்பட வேண்டும். மற்றொரு பொருள் அருகில் இருந்தாலன்றி இது நிகழாது. இந்த மூன்றாம் பொருள் ஓர் அணுக்கருவாகவோ, ஓர் அடிப்படைத் துகளாகவோ இருக்கலாம்,



வெளிப்புற இணைத்துகள் விளைச்சல்

இணைத்துகள் விளைச்சலில் அணுக்கரு எந்தத் திசையிலும் பின்னுந்தல் (recoil) பெறலாம். இதனால் எலெக்ட்ரானும் பாசிட்ரானும் எந்தத் திசையிலும் வெளிப்படலாம். அணுக்கருவின் நிறை இணைத்துகளின் நிறையைவிட மிகவும் அதிகமாதலால் அணுக்கரு மிகவும் குறைந்த அளவு ஆற்றலைத்தான் ஃபோட்டானிடமிருந்து பெறுகிறது. வரைபடம் 1 இல் வெளிப்புற இணைத்துகள் விளைச்சல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. டிராக் கோட்பாட்டின்படி 1.022மி.எ. வோக்கும் அதிகமான ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் உட்கவரப்பட்டு, முழுதும் நிரம்பிய எதிர்மை ஆற்றல் நிலையில் (fully occupied negative electron state) இருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான், நேர் ஆற்றல் நிலைக்குக் (positive energy state) கொண்டு வரப்படுகிறது. இதனால் எதிர் ஆற்றல் நிலையில் ஓர் எலெக்ட்ரான் குறைவும் (பாசிட்ரான்) நேர் ஆற்றல் நிலையில் ஓர் எலெக்ட்ரானும் உண்டாகின்றன. இதுவே இணைத்துகளாகும். எதிர்மை நிலைக்கும் நேர் நிலைக்கும் இடைப்பட்ட சிறும ஆற்றல் $2m_oC^2$ ஆகும். இந்தத்தத்துவம்தான் வெற்றிட முனைப்பாடு (vacuum polarisation) எனப்படுகிறது.

உட்புற இணைத்துகள் விளைச்சல் கதிரியக்கப் பொருள்களில் அதிகமாக நடைபெறுகிறது. ஓர் அணுக்கரு கதிரியக்கச் சிதைவுக்குப்பின் உண்டாகும் சேய் அணுக்கரு கிளர்வுறு நிலையில் இருக்கும். இது கீழ்நிலைக்குத் தாவும்போது இரு நிலைகளுக்குள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு பொதுவாக ஃபோட்டானாக வெளிப்படும். ஆனால் இந்த ஆற்றல் வேறுபாடு $2m_oc^2$ அளவிற்கு மிகும்போது இணைத்துகள் அதிகமாக இணைத்துகள் விளைச்சல் நிகழும் வாய்ப்பு அதிகரிக்கிறது. உட்புற இணைத்துகள் விளைச்சலில் ஃபோட்டான் உட்கவரப்படுவதில்லை. சேய் அணுக்கரு, கிளர்ச்சி நிலையிலிருந்து கீழ் நிலைக்குத் தாவும்போது ஏற்படும் ஆற்றல் மற்றும் உந்த வேறுபாட்டை மூன்றாம் பொருளின் துணையின்றி எலெக்ட்ரானும் பாசிட்ரானும் ஏற்றுக் கொள்கின்றன. வரைபடம் 2 இல் உட்புற இணைத்துகள் விளைச்சல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த இணைத்துகளின் வேக ஆற்றல், கோண ஒப்புறவு (angular corelation) விளைச்சல் நிகழ்வு முதலிய ஆய்வுகளால் சேய் அணுக்கருவின் நிலைமாற்றத்தின் (transition) பன்முனை (multipole), ஆற்றல் வேறுபாடு போன்ற தன்மைகளை அறிய முடியும். இணைத்துகள் விளைச்சல் அணுக்கருவின்றி, ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு அருகிலேயே நடைபெறலாம். இவ்வினையில் காமாக் கதிர் பெற்றிருக்க வேண்டிய சிறும ஆற்றல் இரட்டிப்பாக அதாவது 2.044 மி.எ.வோ ஆக உள்ளது. பாசிட்ரான்-எலெக்ட்ரான் இணையை ஆற்றல் மிக்க புரோட்டான்-புரோட்டான் மோதலினாலும் பெற முடியும். இவ்வினையைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.



படம் 2. உட்புற இணைத்துகள் விளைச்சல்

$$p + p \longrightarrow p + p + e^- + e^-$$

இங்கும், இணைவிளைச்சலுக்குப் புரோட்டான் பெற்றிருக்க வேண்டிய மிகக் குறைந்த ஆற்றல் 2.044 மி.எ.வோ. இது போன்ற வினைகள், அண்டக் கதிர்கள் புவியின் வளிமண்டலத்தைத் தாக்கும்போது ஏற்படுவதால், அங்கு இணைத்துகள் விளைச்சல் மிக எளிதாகத் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது. இதுவே அண்டக்கதிர் பொழிவிற்குக் (cosmic ray shower) காரணமாக இருக்கிறது.

உயர் ஆற்றல் காமா கதிர்களைக் கொண்டும், உயர் ஆற்றலுடன் கூடிய அடிப்படைத் துகள்களை மோதல்களுக்கு உள்ளாக்கியும் எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரான் அல்லாமல் ஒரு துகளையும் அதன் எதிர்த் துகளையும் உண்டாக்க முடியும். இதுவும் இணை விளைச்சல் என்றே குறிப்பிடப்படுகிறது.

- ஆர். கேசவமூர்த்தி

எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு

உறுதியற்ற நிலையிலுள்ள அணுக்கருக்கள் கதிரியக்கத்தின் மூலம் உறுதி நிலையை அடைகின்றன. கதிரியக்கத்தின்போது ஆல்ஃபா துகள் அல்லது பீட்டா துகள்அல்லது காமா கதிர் வெளிவரும்.

ஓர் அணுக்கருவினுள் உள்ள நியூட்ரான் எண்ணிக்கையை n என்றும், புரோட்டான் எண்ணிக்கையை p என்றும் குறிப்பிடலாம். $\frac{n}{p}=1$ ஆக இருக்கும்போது,

அணுக்கரு உறுதிநிலை பெருமமாக இருக்கின்றது. C_6^{12} அல்லது O_8^{16} அல்லது He_2^4 ஆகிய அணுக்கருக்களில் சம எண்ணிக்கையில் நியூட்ரான்களும், புரோட்டான் களும் உள்ளன. இவற்றில் நியூட்ரான்/புரோட்டான் தகவு = 1 என்றிருப்பதால் உறுதிநிலை மிக்கனவாய் விளங்குகின்றன. U_{92}^{238} அணுக்கருவில் புரோட்டான் எண்ணிக்கை 92, நியூட்ரான் எண்ணிக்கை 143. எனவே நியூட்ரான் புரோட்டான் > 1. யுரேனியம் கதிர் வீச்சு கொண்ட அணுக்கரு உறுதிநிலை அடையும்வரை கதிர்வீச்சு நடைபெறும். இதுபோலவே He_2^3 அணுக்கருவும் உறுதிநிலையற்றது. நியூட்ரான்/புரோட்டான் = 1/2. இக்கருக்கள் உறுதிநிலைபெற நியூட்ரான்/புரோட்டான் ஏறக்குறைய 1 ஆக இருக்க வேண்டும்.

உறுதிநிலை பெரும் பொருட்டு ஓர் அணுக்கரு தன் புரோட்டான் எண்ணிக்கையைக் குறைக்க முயல்வதாகக் கொள்ளலாம். புரோட்டான் பாசிட்ரான் ஆகவும், நியூட்ரானாகவும், நியூட்ரினோவாகவும் மாறும்.

$$p_1^1 \rightarrow n_0^1 + e^{\circ}_{+1} + \nu_e$$

இதற்குப் பாசிட்ரான் உமிழ்தல் என்று பெயர். அணுக்கரு அதிக ஆற்றல் நிலையில் இருந்தால் மட்டும் இவ்வியக்கம் நடைபெறும்.

மற்றொரு முறையிலும் புரோட்டான் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கலாம். புரோட்டான், அணுவினுள் உள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானை அணுக்கருக்குள் இழுத்துக் கொள்ளலாம். இதற்கு எலெக்ட்ரான் பிடிப் என்று பெயர். அணுக்கருவின் மின் புலம் எலெக்ட்ரானை இழுத்துக்கொள்ளும். அணுக்கருவினுள் உள்ள ஆற்றல் நிலையைவிட அணுவைச் சுற்றியுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் குறைந்த ஆற்றல் நிலையிலேயே உள்ளன. எனவே எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு குறைந்த ஆறறல் நிலையிலேயே நடைபெறுகிறது. எலெக்ட்ரான் பிடிப்புக் காரணமாக வெளிவரும் நியூட்ரினோக்கள் குறைந்த ஆற்றல் கொண்டிருக்கும். முதல் சுறறுப்பாதையிலுள்ள எலெக்ட்ரான் பிடிக்கப்பட்டால் K பிடிப்பு என்றும், இரண்டாம் சுற்றுப் பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரான் பிடிக்கப்பட்டால் L பிடிப்பு என்றும் குறிப்பிடப்படும். எலெக்ட்ரான் பிடிப்புக் காரணமாக,

$$P_1^1 + e_{-1}^0 \longrightarrow n_0^1 + \nu e$$

எலெக்ட்ரான் பிடிப்பின்போது சுற்றுப்பாதையிலுள்ள எலெக்ட்ரான் அணுக்கருக்குள் செல்கிறது. வெளிச்சுற்றுப்பாதையிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் உள்ளே தாவி, பிடிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் இடத்தை நிரப்பகின்றது. இம்மாற்றத்தால் குறிப்பிட்ட அலைநீளம்கொண்ட எக்ஸ்கதிர் கள் வெளியிடப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான் பிடிப்பின்போது, எக்ஸ் கதிர்களும் வரும். எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு, அணுக்கருவினுள் புரோட்டான் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கும் ஒரு வழியாகும்.

- எஸ், லட்சுமி காந்தன்

எலெக்ட்ரான் வில்லை

இது எலெக்ட்ரான் கற்றையின் மீது மின், காந்த அல்லது இவ்விரண்டு புலங்களும் இணைந்த செயல் பாட்டைக் குறிக்கும். இது ஒளிக்கற்றையின் மீது செயல்படும் ஒளியியல் வில்லையின் (optical lens) செயலை ஒத்திருக்கும். எலெக்ட்ரான் வில்லைகள், எதிர்மின்முனைக் கதிர்க் குழாயைப் போன்று நன்றாகக் குவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் கற்றையை உருவாக்கவும், அகச்சிவப்புக் கதிர் மாற்றிக் குழாய், தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில் உள்ள ஒளிப்படக் குழாய், எதிர்த்துகள் நுண்ணோக்கி ஆகியவற்றி லுள்ளவாறு எலெக்ட்ரான் உருவத்தை உருவாக்கவும் பயன்படுகின்றன.

அச்சுடன் சமச்சீர்மை கொண்ட எந்த மின் அல்லது காந்தப்புலமும் ஒரு பொருளின் உண்மை அல்லது பொய் உருவத்தை அவ்வச்சின் மீது உருவாக்கும் திறன் உடையது. அப்பொருள் வேறு ஓர் எலெக்ட்ரான் மூலத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் அல்லது உட்செலுத்தும் தன்மையுடையது. ஆகவே சமச்சீர்மை அச்சுடைய மின் அல்லது காந்தப்புலம் கோள வடிவ ஒளியியல் வில்லையை ஒத்ததாகும்.

இப்புலங்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான் பாதையின் ஒளிவிலகல் எண் (n) அப்புலத்தையும், எதிர்மின் துகள்களின் வேகத்தையும், திசையையும் பொறுத்தமையும். அது கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டினால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$n = \sqrt{\phi + \frac{2e\phi^2}{mc^2}} - \sqrt{\frac{e}{2m}}\, A\cos x$$

$$= \sqrt{\phi + 0.978 \times 10^{-6}\phi^2} - 0.297\, A\cos x$$

இங்கு e என்பது எதிர்மின்துகளின் மின்னூட்டத்தையும் (charge), m அதன் நிறையையும், ϕ மின் நிலையையும் (potential), c ஒளியின் வேகத்தையும், A காந்தத் திசையனின் மின்னிலையையும், x எதிர் மின்துகளின் பாதையையும், சமச்சீர்மை அச்சுடைய புலத்தின் காந்தத் திசையன் மின்னிலையின் திசைக்கும் இடையே உள்ள கோணத்தையும் குறிக்கும்.

சமச்சீர்மை அச்சுடைய புலத்தின் காந்தத் திசையன் மின்னிலை, அவ்வச்சின் வழியாகச் செல்லும் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.

எலெக்ட்ரான் வில்லைகள், ஒளியியல் வில்லையி லிருந்து பின்வரும் காரணங்களால் வேறுபடுகின்றன. ஒளிவிலகல் எண் தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டே இருக்கும். மேலும், காந்தப்புலத்தினால் ஒளிவிலகல் எண் எலெக்ட்ரான்களின் இருப்பிடத்தையும், அதன் இயக்கத்தின் திசையையும் பொறுத்தமையும்.

- அ. சேதுநாராயணன்

ஏலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு

எலெக்ட்ரான் துகள் வேகமாக இயங்கும்போது அலைபோலச் செல்வதாக லூயி டி பிராக்லி என்பார் கண்டறிந்தார். இதைப் பருப்பொருள் அலை (matter wave) என்பர். பருப்பொருள் அலையின் அலை நீளம், அது பெற்றிருக்கும் உந்தத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் இருப்பதால், துகளின் இயக்க வேகம் எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவு பருப்பொருள் அலையின் அலை நீளம் குறைவாக இருக்கும் எனலாம். எலெக்ட்ரான்களை முடுக்கி, பல்வேறு அலைநீளமுடைய பொருள் அலைகளைப் பெறமுடியும். உயர்வேக எலெக்ட்ரான்கள் ஒளி யைப் போலப் பொருளால் சிதறலுக்கு உள்ளா கின்றன. பொருளில் உள்ள அணுக்களால் எலெக்ட் ரான்கள் சிதறும்போது விளிம்பு விளைவுப் பாங் கத்தை (diffraction pattern) ஏற்படுத்துகின்றன. இந்த இயற்பியல் நிகழ்வே எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (electron diffraction) எனப்படுகிறது. அணு விடைத் தொலைவைப் பொறுத்து எலெக்ட்ரான் கோட்டம் காரணமாக ஏற்படும் பாங்கம் அமைவ தால் படிகம், தனித்த அணு அல்லது மூலக்கூறுகள் பற்றி ஆராய இது மிகவும் பயனுடையதாக இருக் கின்றது.

குவாண்டம் கொள்கைப்படி, mv என்ற உந்தத் துடன் இயங்கும் m என்ற நிறையுடைய துகளின் அலையியக்கத்தின் அலைநீளம் $\lambda = \frac{h}{mv}$ ஆக இருக் கும். இதில் h என்பது பிளாங் மாறிலி ஆகும். V என்ற மின்னழுத்தத்தில் முடுக்கப் பெறும் எலெக்ட் ரானின் அலை நீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{(2m_0ev)^{1/2}\left[1 + \frac{ev}{2m_0c^2}\right]^{1/2}} \quad \ldots (1)$$

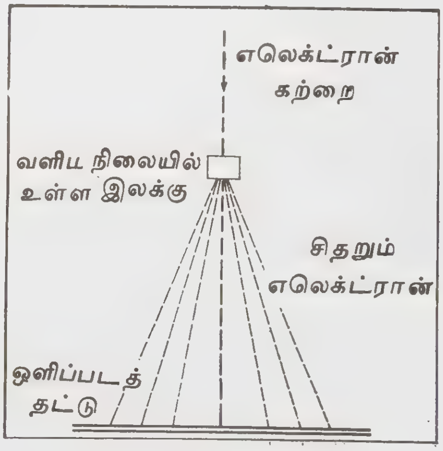
என்றவாறு இருக்கும். இதில் m_0 மற்றும் e என்பன எலெக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை மற்றும் மின்னூட்டத் தைக் குறிப்பிடுகின்றன; c என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசை வேகமாகும். பின்ன அடிக்கூறின் இறுதிக்கூறு சார்பு வேகத்தின் காரணமாக எழும் திருத்தத்தின் அளவாகும். மிகத் தாழ்ந்த மின்னழுத்தத்தில் எலெக்ட்ரான் பெறும் இயக்கவேகம் குறைவாக இருப்பதால், சார்புத் திருத்தம் (relativistic correction) புறக்கணிக்கக்கூடியதாக இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக 10,000 வோல்ட் மின்னழுத்தத் தில் முடுக்கப் பெறும் எலெக்ட்ரானின் சார்புத் திருத் தம் மொத்தத்தில் 5% ஆகும். V என்பது மின்னழுத் தமானால், நானோமீட்டர் (10^{-9} மீ) அலகில் எலெக்ட்ரானின் அலைநீளம்,

$$\lambda = \left(\frac{1.5}{V}\right)^{\frac{1}{2}}$$

என்றிருக்கும் என்று காட்டலாம்.

எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவினை முதன் முதலில் டேவிசன் மற்றும் ஜெர்மர் என்போரும், பின்னர் ஜே.ஜே. தாம்சன் என்போரும் தக்க ஆய்வு மூலம் மெய்ப்பித்தனர். இலக்கில் மோதும் எலெக்ட் ரானின் ஆற்றலைப் பொறுத்து எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவை இரு பிரிவுகளாக வகுத்துக் கொள்ளலாம். அவை தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (E=5—500eV) உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (E 5—500KeV) ஆகும். இடை நிலை ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (E= 500eV—5KeV) என்று தனியொரு வகையாகப் பிரித் துக் கொண்டாலும், ஆய்வு வழி முறைகளில் அது அவ்வளவு முக்கியமானதாகக் கருதப்படுவதில்லை.

மூலக்கூறுகளின் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தை எக்ஸ் கதிர், நியூட்ரான் இவற்றைக் கொண்டும்

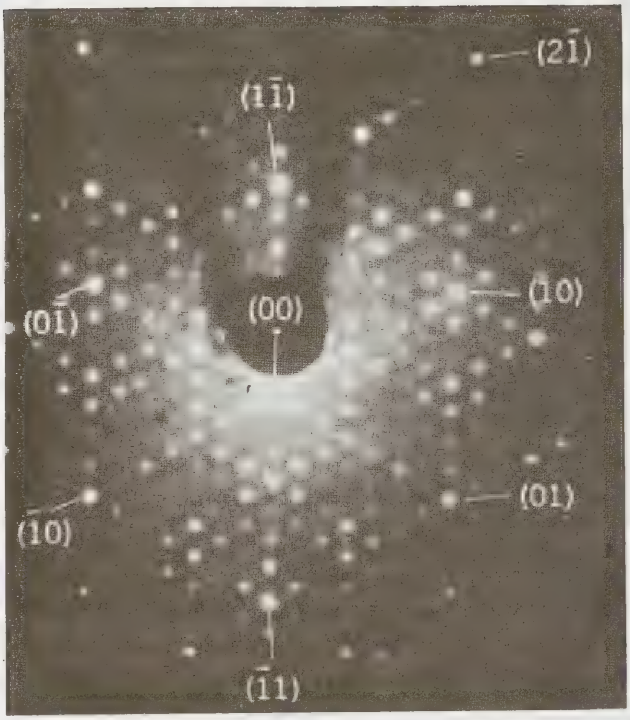


படம் 1

பெற முடியும் என்றாலும், எலெக்ட்ரான்கள் சில குறிப்பிட்ட இலக்குகளுக்கு, குறிப்பாக வளிமங்களுக்குப் பொருத்தமானவையாகவும், அதிகச் செய்திகளைத்தெரிவிக்கக் கூடியவையாகவும் இருக்கின்றன. அதிக ஊடுருவுந்திறன் எக்ஸ் கதிர்கள் படிகங்களை ஆராயப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. எதிர்மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான்கள் அணு மற்றும் மூலக் கூறுகளில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களால் வலிமையாகச் சிதறலுக்கு உள்ளாவதால், வளிம நிலையில் உள்ள இலக்குகளுக்குப் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வளிம நிலையில் உள்ள மூலக்கூறின் கட்டமைப்பை அறிவது மிகவும் முக்கியமானதாகும். ஏனெனில் வளிம நிலையில் மட்டுமே மூலக்கூறுகள் ஒன்றுக்கொன்று இடைவினை புரியாதிருக்கின்றன; மேலும் அக மூலக்கூறு விசைகளே (intra molecular forces) அதன் கட்டமைப்பிற்கு முழுக் காரணமாகவும் அமைகின்றன.

எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு ஆய்வின் வழிமுறை படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தக்க மின்னழுத்தத்தைச் செயல்படுத்தி எலெக்ட்ரான்களை முடுக்கி, சம அளவு ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பெற்று, அதை வளிம நிலையில் உள்ள இலக்கில் மோதும்படிச் செலுத்தவேண்டும். இலக்கில் உள்ள மூலக்கூறுகளால் சிதறிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களை ஓர் ஒளிப்படத்தட்டில் விழுமாறு செய்து எலெக்ட்ரான் கோட்டப் பாங்கம் பதிவு செய்யப்படுகிறது. இப்பதிவு சீராக விரவியுள்ள புள்ளிகளாகவோ, பொது மையங்கொண்டுள்ள வட்ட அடுக்குகளாகவோ இருக்கும். மையப் புள்ளி விலக்கத்திற்கு உள்ளாகாத எலெக்ட்ரான்களால் ஏற்படுவதாகும். ஒளிப்படத்தட்டில் காணப்படும் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தைக் கொண்டு, சிதறலுக்குக் காரணமாக மூலக்கூறுகளின் பரிமாணம், வடிவமைப்பு, கட்டமைப்பு ஆகியவை மதிப்பீடு செய்யப்படுகின்றன.

தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (LEED). இது ஓரினப் படிகங்கள், படிகப் பரப்பில் அமைந்துள்ள அணுக்களின் அணிக் கோவையில் ஏற்படும் மாறுதல்களோடு தொடர்புடைய நிகழ்வுகள் இவற்றை அறியப் பயன்படுகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்டஆற்றலும், 10^{-4}-10^{-3} மீட்டர் விட்டமும் உடைய எலெக்ட்ரான் கற்றை நேர்குத்தாகப் படிகப் பரப்பில் விழுமாறு செய்யப்படுகிறது. மீட்சியுற்றுச் சிதறும் எலெக்ட்ரான்கள் தக்க விலக்கு மின்னழுத்தத்தைச் செயல்படுத்தித் தனித்துப் பிரித்துவிடப்படுகின்றன. 5KeV ஆற்றலுக்கு முடுக்கி, ஒரு வட்டப் பாதையில் தக்கவாறு நகர்த்திக் கொள்ளத் தக்க வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தடமாய்வுக் கருவியால் (detector) இவை ஆராயப்படுகின்றன.



படம் 2. ஓரிணச்சிலிகான் படிகத் தளத்தின் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவுப்பாங்கம்

எலெக்ட்ரான் விளிம்புவிளைவுப் பாங்கு பொதுவாக படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு இருக்கும்.

இந்த ஆய்விற்குப் படிகத்தளம் மிகவும் தூய்மையானதாக இருக்க வேண்டும்; 10^{-12} நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} என்ற அளவில் உயரள்வு வெற்றிடத்தை ஏற்படுத்திக்கொள்ள வேண்டும். வேற்றணுப் படிகத்தால் உட்கவரப்படுதல் வேற்றணு ஏற்படுத்தும் அரிப்பு போன்றவற்றை ஆராயவேண்டுமெனில், மிகத் தாழ்ந்த அழுத்தத்தில், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வளிமம் அல்லது ஆவியில் படிகத்தை வைத்து ஆய்வை மேற்கொள்ள வேண்டும். இதன் காரணமாகவும், எலெக்ட்ரான் கற்றையின் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட பரப்புகள் பொதுவாக மாற்றத்திற்குட்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டாக அயனிப் படிகங்கள் பிரிகைக்கு உள்ளாகின்றன) என்ற உண்மை காரணமாகவும் தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவின் பயன்பாடு ஒரு வரம்பிற்கு உட்பட்டதாக இருக்கின்றது.

தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தை விளங்கிக் கொள்வதில் உள்ள முக்கியமான சிக்கல், குறைவேக எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்களால் வலிமையாக மீட்சிச் சிதறலுக்கு உள்ளாவதால் உண்டாகும் விளைவுகளே ஆகும். எனவே. இது தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கிற்குக் காரணமான எலெக்ட்ரான்கள்

படிகத்தில் ஒரே ஒரு முறை மட்டும் சிதறலுக்கு உட்பட்டு வருவதால் கிடைப்பதன்று. இவ்வுண்மையினால் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு எக்ஸ் கதிர் மற்றும் நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவிலிருந்து பெரிதும் மாறுபட்டுக் காணப்படுகின்றது. இதனால் முதல் நிலை பார்ன் அணுகுமுறையால் (first order born approximation) பாங்கத்தில் காணப்படும் ஒளிப் புள்ளிகளின் செறிவு மதிப்பிட இயலாததாக இருக்கின்றது. பன்னிலைச் சிதறல் (multiple scattering) கொள்கை மூலம் இதன் தீர்வு காணலாம். இச்சிக்கல் காரணமாக, இரு பரிமாணப்படிக அலகுக் கூறுகளின் கட்டமைப்பை மட்டுமே தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவின் மூலம் மதிப்பிட முடியும்.

வேற்றணு, படிகத் தளத்துடன் பல வகைகளில் இடை வினைபுரியலாம். அவை மேற்புறத் தளத்தில் உறிஞ்சப்படலாம் அல்லது கீழடுக்குகளில் உள்ள அணுக்களுடன் இணையலாம்; அல்லது பரப்பைக் கரடு முரடாக்கலாம். வேற்றணுக்கள் எவ்வாறு இடைவினைபுரிந்து படிகத் தளத்தில் நிலைப்படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றி அறியவும் தாழ்ந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு பயன்படுகின்றது.

உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு பொதுவாக மெல்லிய உலோகத் தகடு (foils), மென்படலம் (thin film), படிகங்களின் பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள், 10^{-9} — 10^{-6} மீட்டர் வரை விட்டமுள்ள நுண் துகள்கள் போன்றவற்றை ஆராயப் பயன்படுகின்றது. படிகத் தளத்தால், உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களை எதிரொளிக்கச் செய்தும் அதை ஆராயலாம். இம்முறை எதிரொளிப்பு உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (RHEED) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. RHEED இன் உணர்வு நுட்பத் திறனும் LEED க்குச் சமமான அளவில் இருக்கின்றது என்பதால் LEED போல், RHEED முறையினாலும் படிகத் தளத்தில் உள்ள அணுக்களின் விரவல், மற்றும் வேற்றணுக்கள் படிக அடித்தளங்களிலும் உறிஞ்சப்பட்டு நிலைப்படுத்தப்படும் விதிதம் இவற்றை ஆராயலாம். படிகப் பரப்பு மிகுதியும் கரடு முரடாக இருக்கும்போது LEED பயனற்றதாகி விடுகின்றது. அந்நிலையில் RHEED மிகவும் பயனுள்ளதாக விளங்குகின்றது.

ஒளி உணர் படலங்களில் பதிவு செய்வதற்குப் பதிலாக, எலெக்ரான்களை உணரக்கூடிய தடமாய்வுக் கருவிகளினால் நேரடியாகக் கோட்ட எலெக்ட்ரான்களைப் பகுத்தறியும் முறையொன்றும் இன்றைக்குப் பின்பற்றப்படுகின்றது. இது வரிக்கண்ணோட்ட உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்புவிளைவு (scanning high energy electron diffraction) எனப்படுகிறது. தடமாய்வுக் கருவியை விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்திற்குக் குறுக்காக நகர்த்தியோ, விளிம்புவிளைவு எலெக்ட்ரான்களை விலக்கி, நிலையாக உள்ள தடமாய்வுக் கருவியில் விழுமாறு செய்தோ SHEED ஐ நிகழ்த்தலாம். xy பதிவுக்கருவி (xy recorder) மூலம் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கம் இதில் வரைபடமாகக் காட்டப்படுகிறது. தக்க எலெக்ட்ரான் வடிப்பான்கள் மூலம், மீட்சியிலா சிதறலால் சிதறலுறும் எலெக்ட்ரான்களைத் தவிர்த்துக் கொள்ளலாம். இம்முறை ஓரின மற்றும் பல்லினப் படிகங்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளவும், மென்படல வளர்ச்சி, அரிப்பு, பதப்படுத்துதல் (annealing) இவை பற்றி ஆராயவும் பயனுள்ளதாக இருக்கின்றது.

கொள்கை. வளிமத்திலுள்ள அணு மற்றும் மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்பை எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவின் மூலம் பெற முடியும். படு கற்றையில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள், வளிமத்திலுள்ள மூலக்கூறு மற்றும் அணுக்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மற்றும் அணுக்கருக்களால் சிதறலுறும்போது, அவை செலுத்தப்பட்ட பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்கின்றன. விலகு கோணத்திற்கு (Θ) ஏற்பச் சிதறிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறுபடுவது குறுக்கீட்டு விளைவு (interference effect) எனப்படும். எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவினை, விளிம்புவினைவுற்ற அலைகளைக் கொண்டும் விளக்க முடியும். படு கற்றையில் உள்ள எலெக்ட்ரானின் அலை நீளத்தாலும், சிதறலுக்குக் காரணமான மூலக்கூறுகளின் சார்பு அமைவிடங்களினாலும் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்ற அலைவீச்சு மற்றும் காலக்கட்ட வேறுபாடுகளுடைய பல சிற்றலைகளின் கூடுதலே விலக்கமுற்ற அலையாகும். கோணச் சீர்மையுடைய அணுவால் சிதறும் எலெக்ட்ரானின் செறிவை (I), ஷ்ராடிங்கரின் அலையியக்கச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு பெறலாம். இதன்படி,

$$I = k\,|f|^2$$

எனக் கூறலாம். இதில் k என்பது ஒரு மாறிலி, f ஒரு சிக்கல் பின்னமாகும். இதற்குச் சிதறல் கூறு (scattering factor) என்று பெயர். Z என்பது அணுவெண் ஆனால்,

$$|f|^2 = [2\,(Z-F)/as^2]^2$$

ஆகும். இதில் a போரின் ஆரத்தையும், F அணுக்கருவிலிருந்து r தொலைவில் இருக்கும் மின்னூட்டச் செறிவின் அளவையும் குறிப்பிடுகின்றன.

$$F = 4\pi \int_0^\infty r^2 f(r) \frac{\sin sr}{sr}\, dr$$

எனக் காட்டலாம். $s = \dfrac{4\pi\,(\sin\theta)}{\lambda}$ ஆகும். இதில் λ என்பது எலெக்ட்ரானின் அலை நீளமாகும்.

பல மூலக்கூறுகளின் தொகுப்பால் சிதறலும் எலெக்ட்ரான் செறிவை

$$I_{(s)} = k \sum_i |f_i|^2 + \frac{2}{as^2}{}^2 si + \sum_i \sum_j f_i f_j \int_0^\infty p_{ij}(r) \frac{(\text{Sin } sr)}{sr} dr.$$

எனக் காட்டலாம். $p_{ij}(r)$ என்பது i, j என்ற இரு அணு அல்லது மூலக்கூறுகளின் இடைத் தொலைவின் சராசரி மதிப்பைக் குறிப்பிடும் கூறாக விளங்குகின்றது. ஆய்வின் மூலம் $p_{ij}(r)$ இன் மதிப்பைக் கண்டறிந்து, கொள்கையோடு ஒப்பிட, மூலக்கூறின் கட்டமைப்பு பற்றிய உண்மைகளை அறிந்துகொள்ள முடிகின்றது. அணுவிடைத் தொலைவு, பிணைப்பு நீளம் (bond length), பிணைப்புக் கோணம் (bond angle), மூலக்கூறில் அணுக்களின் அமைவிடம் போன்றவற்றை அறிய எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு பயன்படுகின்றது.

- மெ. மெய்யப்பன்

எலெக்ட்ரான் வோல்ட்

ஆற்றலை மதிப்பிட ஜுல் என்ற அலகு பயன்படுத்தப் படுகிறது. ஒரு நியூட்டன் அளவுள்ள விசை செயல் பட்டு, புள்ளி, விசை செயல்படும் திசையில் ஒரு மீட்டர் தொலைவு இடம் பெயர்ந்தால் செய்யப் பட்ட வேலையின் அளவு ஜுல் எனப்படும். நுண் பொருள் உலகில் ஜுல் மிகப் பெரிய அலகாக இருப்பதால் ஆற்றலை அளவிட எலெக்ட்ரான் வோல்ட் என்ற அலகு உருவாக்கப்பட்டது. இது சுருக்கமாக eV என்ற குறியீட்டால் சுட்டப்படுகிறது.

ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது ஓர் எலெக்ட்ரான், ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடைப்பட்ட தொலைவைக் கடக்கும் போது பெறும் இயக்க ஆற்றலின் அளவாகும். q என்ற மின்னூட்டமுள்ள ஒரு துகள் V என்ற மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள இரு புள்ளிகளைக் கடக்கும்போது, அதன் இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் மாறுதல் qV; அதாவது, துகளின் மின்னூட்டம், மின்னழுத்த வேறுபாடு இவற்றின் பெருக்கற் பலனாகும். இதன்படி,

ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் = 1 வோல்ட் × எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்

$$1eV = 1.602 \times 10^{-19} \text{ ஜுல்}$$

எலெக்ட்ரான் வோல்ட் வரையறுக்கப்பட்ட வுடன், கிலோ எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (KeV) மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (MeV) பில்லியன், எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (BeV) டெரா எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (TeV) என்பன நடைமுறைக்கு வந்தன,

$$1KeV = 10^3 \; eV = 1.602 \times 10^{-16} \text{ ஜுல்}$$

$$1MeV = 10^6 \; eV = 1.602 \times 10^{-13} \text{ ஜுல்}$$

$$1BeV = 10^9 \; eV = 1.602 \times 10^{-10} \text{ ஜுல்}$$

$$1TeV = 10^{12} \; eV = 1.602 \times 10^{-7} \text{ ஜுல்}$$

மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றலை எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகில் குறிப்பிடுவது எளிமையாக உள்ளது. எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகு முறையில் காஸ்மிக் கதிர்களின் ஆற்றல் 100 மி, எ. வோ நெடுக்கையிலும், காமாக் கதிர்களின் ஆற்றல் மி.எ. வோ நெடுக்கையிலும், எக்ஸ்-கதிர்களின் ஆற்றல் 100 கி. எ. வோ. நெடுக்கையிலும், புற ஊதாக் கதிர் களின் ஆற்றல் கி. எ. வோ. நெடுக்கையிலும், கட்புல னுக்கு உள்ளாகும் அலைகளின் ஆற்றல் சில எ. வோ. நெடுக்கையிலும், அகச்சிவப்புக்கதிர்களின் ஆற்றல் ஓர் எ. வோ விலிருந்து பத்தில் ஒரு பங்கு எ. வோ வரை உள்ளன என்றும் கூறலாம். அணுவிலிருந்து உமிழப்படும் ஆற்றல், அதனுள் உள்ள ஆற்றல் மட்டங்களைப் பொறுத்தது என்பதால், அணுவிலும் அணுக்கருவிலும் உள்ள ஆற்றல் மட்டங்களை எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகில் வரையறுப்பதும் மரபு வழியாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்கும் பிற ஆற்றல் அலகுகளுக்கும் உள்ள தொடர்புகள் அட்டவணையில் தரப்பட் டுள்ளன.

துகள் முடுக்கப் பொறிகளைக் கொண்டு அடிப் படைத் துகள்களை முடுக்கி உயர் ஆற்றல் கற்றை களைப் பெறும்போது, அவற்றின் ஆற்றலை மி.எ.வோ. அல்லது பி.எ.வோ ஆற்றல் அலகில் குறிப் பிடுவர். துகள் முடுக்கும் பி.எ.வோ. பொறிகள் எந்த அளவு ஆற்றலுடைய அடிப்படைத் துகள்களைத் தர வல்லன என்பதைக் கொண்டே அவற்றின் செயல் திறன் மதிப்பிடப்படுகிறது. இன்று டெ. எ. வோ (TeV) அளவில் ஆற்றலை நல்கக் கூடிய துகள்முடுக்கும் பொறிகள் நடைமுறையில் உள்ளன.

ஐன்ஸ்டைன் சார்புக் கொள்கைப்படி, ஆற்றலும் பொருளும் ஒரு மூலத்தின் இரு வேறுபட்ட நிலை களே என்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் அடிப்படைத் துகள்களின் ஓய்வு நிறையை (rest mass) எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகில் குறிப்பிடுவது

அட்டவணை: ஆற்றல் அலகுகளின் மாற்றுக் காரணிகள்

பரும அளவு	குறியீடு	மதிப்பு	அலகு
1 கிலோகிராம்		8.987551786 (72) 5.609545 (16)	10^{16} J 10^{29} MeV
1 அணுநிறை அலகு		1.4924418 (77) 931.5016 (26)	10^{-10} J MeV
1 எலெக்ட்ரான் நிறை		8.187241 (42) 0.5110034 (14)	10^{-14} J MeV
1 மியூவான் நிறை		1.6928648 (96) 105.65948 (35)	10^{-11} J MeV
1 புரோட்டான் நிறை		1.5033015 (77) 938.2796 (27)	10^{-10} J MeV
1 நியூட்ரான் நிறை		1.5053738 (78) 939.5731 (27)	10^{-10} J MeV
1 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்		1.6021892 (46)	10^{-19} J 10^{-12} எர்க்
	leV/h	2.4179696 (63)	10^{14} ஹெர்ட்ஸ்
	leV/hc	8.065479 (21)	10^{5} மீ$^{-1}$
			10^{3} செ.மீ$^{-1}$
	leV/k	1.160450 (36)	10^{4} K
மின்னழுத்தம் - அலைநீளம்		1.986478 (11)	10^{-25} J.m
		1.2398520 (32)	10^{-6} eV.m
			10^{-4} eV. செ.மீ
ரிட்பர்க் மாறிலி	$R_\infty hc$	2.179907 (12)	10^{-18} J
			10^{-11} எர்க்
		13.605804 (36)	eV
	$R_\infty c$	3.28984200 (25)	10^{15} ஹெர்ட்ஸ்
	$R_\infty hc/k$	1.578885 (49)	10^{5} K
போர் மேக்னெடான்	μ_B	9.274078 (36)	10^{-24}J.T^{-1}
		5.7883785 (95)	10^{-5}eV.T^{-1}
அணுக்கரு மேக்னெடான்	μ_N	5.505824 (20)	10^{-27} J.T^{-1}
		3.1524515 (53)	10^{-8} eV.T^{-1}

அட்டவணை

ஆற்றல் அலகுகளின் மாற்றுக் காரணிகள்

அலகு	செ.மீ. $^{-1}$	எர்க்/மூலக்கூறு	காலரி/மோல்	எ. வோ ( )	அ.நி.அ. (
1. செ.மீ, $^{-1}$	1	1.9865×10^{-16}	2.859	$1,2388\times10^{-4}$	1.3310×10^{-13}
எர்க்/மூலக்கூறு	5.0348×10^{-15}	1	1.4395×10^{16}	6.2421×10^{11}	6.7009×10^{2}
1 காலரி/மோல்	0.3497	6.9467×10^{-17}	1	4.3361×10^{-5}	4.6548×10^{-14}
1 எ.வோ.	$8.0658\leftarrow10^{3}$	1.602×10^{-12}	2.306×10^{4}	1	1.0735×10^{-0}
1 அ.நி.அ.	7.513×10^{12}	1.492×10^{-3}	2.1483×10^{12}	9.3150×10^{8}	1

வழக்கமாயிற்று. எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அலகின் எலெக்ட்ரான், புரோட்டான், நியூட்ரான் ஆகிய வற்றின் ஓய்வு நிலை நிறைகள் முறையே 0.511. 938, 940 மி. எ. வோ. ஆகும்.

- மெ. மெய்யப்பன்

எலேட்டரைட்

வெளிர் பழுப்பு நிறத்திலிருந்து கறுப்பு நிறம் வரை இயற்கையில் காணப்படும் கார்போனேசியப் பொருளே எலேட்டரைட் (elaterite) ஆகும். இதன் அடர்த்தி எண் 0.90 - 1.05; இது உருகாத்தன்மையும், கார்பன் டைசல்ஃபைடில் கரையாத் தன்மையும், மிதமான மென்மையும், மீட்சியும் உடையதாகும். வெப்பப்படுத்தும்போது 2-5% நிலையான கார்பனை வெளிப்படுத்துகிறது. இது கடற்பாசியிலிருந்து உருவானது என்றும் கருதப்படுகிறது. இங்கிலாந்தில் டெர்பிஷைர் மாவட்டத்திலும், தென் ஆஸ்திரேலியாவில் கூராங்கு மாவட்டத்திலும், சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசில் டர்கெஸ்டானிலும் இது கிடைக்கிறது.

- இரா. சரசவாணி

எலோப்பிஃபாம்ஸ்

இவ்வகை மீன்கள் வெப்ப மண்டலக் கடல்களில் (tropical seas) வாழ்கின்றன. கிரிடேசியக் காலத்தில், (ஏறத்தாழ எழுபது மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) இவை தோன்றியதற்கான புதை படிவச் சான்றுகள் கிடைத்துள்ளன. முதலில் தோன்றிய சில இனங்கள் அழிவுபட்டாலும், பின்னர் இயோசீன் காலத்தில் அதாவது ஏறத்தாழ ஐம்பது மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தோன்றியவை இன்றும் வாழ்ந்து வருகின்றன. எலோப்பிஃபாம்ஸ் ((elopiformes) மீன்கள் பொதுவாக டார்ப்பான்கள் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவற்றுள் சிலவற்றைப் பிடிக்கும் செயல் ஆர்வமூட்டத்தக்கதாக இருந்தாலும், மீன் பிடிப்போரை அவை மிகவும் அலைக்கழிக்கச் செய்வதால் இவை விளையாட்டு மீன்கள் என்றும் சுட்டப்படுகின்றன. இவை சிறந்த உணவு மீன்களாக மக்களால் விரும்பப்படுகின்றன. இவை வட அமெரிக்காவின் தென்கிழக்குக் கடற்கரை முதல் மேற்கிந்தியத் தீவுகள் வரையிலும், தென் அமெரிக்காவில் பிரேசில் கடற்கரையிலும், இந்தியாவின் கிழக்கு, மேற்குக் கடல்களிலும் எண்ணற்ற அளவில் மிகுந்துள்ளன. ஃப்ளோரிடாவில் இவற்றின் உடற்பகுதிகளைக் கலை நுணுக்கமுள்ள அழகுப் பொருள்களாகச் செய்து மிகுந்த விலையில் விற்பனை செய்கின்றனர்.

பொதுப் பண்பு. பலவித அளவுகளில் உள்ள இம் மீன்களின் செதில்கள் ஓரளவுக்கு அகன்று பெரியனவாக உள்ளன. மேல்தாடையின் ஓரங்கள் முன் மேல்தாடை எலும்பு, மேல்தாடை எலும்பு ஆகியவற்றால் ஆனவை. இவற்றுள் மேல்தாடை எலும்பு நன்கு வளர்ந்து பெரியதாக உள்ளது. சில மேல் தாடை எலும்புகள் இருக்க வேண்டிய எண்ணிக்கையைவிட மிகுதியாகவே இருத்தலும் உண்டு. அத்தகைய மிகுதியான எலும்புகள் பெரியவையாகத் தலையின் பக்கங்களில் சாய்வாக அமைந்தும், ஏனைய மேல்தாடை எலும்புகளுடன் இணைந்தும் காணப்படுகின்றன.

வயிற்றுப் பக்கத்துடுப்பு 10 - 16 ஆரைகளை உடையது. செவுள் மூடியில் செவுள் மூடி ஆரைகள் உள்ளன. பொதுவாக 20க்கு மேல் உள்ளன. இவற்றின் காற்றுப்பை பெரியது. கண் இமைகள் தோலிலிருந்து வளர்ந்துள்ள கொழுப்பு மடிப்புகள் (adipose folds) ஆகும்.

இக்கூட்டத்தைச் சேர்ந்த ஆஸ்மராய்ட்ஸ் எலோபாப்ஸ் ஆகிய மீன்கள், கிரிடேசியக் காலத்தில் சிறப்புற்று வாழ்ந்து அழிந்ததைக் காட்டும் பல புதை படிவங்கள் கிடைத்துள்ளன. முன் இயோசின் (lower eocene) காலம் முதல் இன்று வரை வாழ்ந்து வரும் இரு இனங்கள் எலாப்ஸ், மெகலாப்ஸ் ஆகும்.

எலாப்ஸ். இப்பேரினத்தில் இரண்டு இனங்கள் அடங்கியுள்ளன. அவை எலாப்ஸ் சாரஸ், எலாப்ஸ் லெசர்ட்டா என்பன. எலாப்ஸ் சாரஸ் என்பது அனைத்து வெப்பக் கடல்களிலும் காணப்படுகின்ற ஓர் அழகான வெள்ளி நிறமுடைய நீளமான மீன். இதன் இளம் நிலை நாடா வடிவத்தையும், சிறிய வட்டச் (cycloid) செதில்களையும் கொண்டுள்ளது. வால்துடுப்பு சமகதுப்புகளுடையது. முள்களற்ற ஒற்றை முதுகுத்துடுப்பும் (dorsal fin) ஒரு சிறிய தேய்வுற்ற வயிற்றுத் துடுப்பும் (ventral fin) உள்ளன. வெபேரியன் சிற்றெலும்புகள் எனப்படும் நீர் அழுத்த எதிர்ப்புறுப்புகள் இல்லை.

எலாப்ஸ் லேசரீட்டா. இந்த இனம் ஆப்பிரிக்காவின் மேற்குக் கடற்கரையில் வாழ்கிறது. இது அக்கடற்கரையிலிருந்து ஆறுகளின் கழிமுகங்கள் மூலம் ஆற்றுக்கு வலசை செல்வதுண்டு. இதன் பண்புகள் ஏறத்தாழ எலாப்ஸ் சாரசை ஒத்திருக்கும்.

மெகலாப்ஸ். இந்தப் பேரினத்தைச் சேர்ந்த மீன்கள் பெரிய செதில்களை உடையவை. இதில் போலிச் செவுள்கள் என்னும் செவுள் நீட்சிகள் இல்லை. முதுகுத்துடுப்பின் கடைசி ஆரை மட்டும் மிகவும் நீண்டு ஒரு தனிப்பட்ட முள்போல் காணப்படுகிறது. இதனால்தான் இவற்றிற்கு டார்ப்பான்கள் எனப் பெயர் வந்ததாகக் கூறுகின்றனர். இந்தப் பேரினத்தில் மெகலாப்ஸ் அட்லாண்டிகஸ், மெகலாப்ஸ் சைப்ரினாங்டஸ் ஆகியன மிகவும் பொதுவானவை.

மெகலாப்ஸ் அட்லாண்டிகஸ். இந்த இனம் வட அமெரிக்காவில் தென்கிழக்குக் கடல் முதல் தென் அமெரிக்காவின் பிரேசில் வரை எல்லாப் பகுதிகளிலும் வாழ்கிறது.

மெகாலப்ஸ் சைப்ரினாயிட்ஸ். இது இந்தியாவில் வாழும்பெரிய கடல் மீன்களுள் ஒன்றாகும். இதனைத் தமிழில் மொரான் கெண்டை என்பர். இதற்கு எருதுக்கண் ஹொர்ரின் என்று மற்றொரு பெயர் வழங்கப்பட்டதற்குக் காரணம் இதனுடைய பெரிய கண்களாகும்.

இம்மீன் நன்னீரில் இருந்தால், அதிலுள்ள சைக்ளாப்ஸ் எனப்படும் நுண்ணிய கடின ஓட்டுக் கணுக்காலியை உண்ணுகிறது. இந்தச் சைக்ளாப்ஸ் நரம்புச்சிலந்தி நோயை உண்டாக்கும் கினிப்புழுவை ஒரு மனிதனிடமிருந்து மற்றொரு மனிதனுக்குக் கடத்தும் இடைநிலை விருந்தோம்பி ஆகும். இம்மீன் சைக்ளாப்ஸ்களை உண்பதால் கினிப்புழுக்களின் பரவுதலைக் கட்டுப்படுத்தி அதன் மூலம் நரம்புச் சிலந்தி நோயைக் கட்டுப்படுத்தப் பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஆகவே கினிப்புழுக்கள், சைக்ளாப்ஸ் ஆகியவை மிகுதியாக உள்ள இடங்களில், அங்குள்ள குளம் குட்டைகளில் மொரான் கெண்டைகளைப் புகுத்தி நோயைக் கட்டுப்படுத்துவதில் வெற்றி காண இயலும். இம்மீன் நன்கு வளர்ந்துள்ள நிலையிலும், முதிய நிலையிலும் சிறு மீன்களை உண்ணுகிறது. பருவக்காற்று வீசும் மாதங்களில் மெகலாப்ஸின் இளவுயிரிகள் உடலிலிருந்து புறப்பட்டு அலைகளின் வழியே கழிமுகங்களுக்குச் சென்று பின்னர் அங்கிருந்து நதிகளில் புகுகின்றன. அவ்வுயிரிகள் உப்பு அளவு வேறுபாடுகளைத் தாங்கும் திறனை மிகுதியாகப் பெற்றுள்ளமையால் எளிதில் நன்னீரில் வாழ்வதற்குப் பழகிவிடுகின்றன.

நன்னீரில் இவை விரைவாக வளர்ந்து முதலாண்டில் 37 செ.மீ. நீளமும் இரண்டாம் ஆண்டில் 57 செ.மீ. நீளமும் வளர்கின்றன.

பொதுவாக இந்தியாவின் கிழக்குக் கடற்கரை, மேற்குக் கடற்கரை ஆகியவற்றில் மிகுதியாகக் கிடைக்கின்றன. இவற்றை வளர்க்கும் குட்டைகளில் தாவரவுண்ணி மீன்களை வளர்ப்பது அந்தத் தாவர உண்ணி மீன்களுக்கு அழிவை உண்டாக்கும். மெகலாப்ஸ் சைப்ரினாய்டஸ் பொழுதுபோக்காகப் பிடிக்கப்படும் விளையாட்டு மீனாக மட்டுமன்றி மனிதருக்கு உணவாகப் பயன்படும் சிறந்த மீனாகவும் உள்ளது.

- ப, சீத்தாராமன்

எழில் தாவரம்

தாவரங்களை மலர் அழகுத்தாவரங்கள், தழை அழகுத்தாவரங்கள் எனப் பிரிக்கலாம். சிறுசெடிகள், குறுஞ்செடிகள் படர் கொடிகள், மரங்கள் போன்ற வளரியல்புகளை மலர்த்தாவரங்கள் கொண்டிருக்கின்றன.

மலர் மரம்

சரக்கொன்றை. இதன் தாவரவியல் பெயர் கேசியா ஃபிஸ்டுலா *(Cassia fistula)*. இது சிசால்

பினியேசி (caesolpiniaceae) குடும்பத்தைச் சார்ந்தது. இம்மரம் ஏறத்தாழ 15 - 20 மீ உயரம் வளரும். இவற்றின் அடர் மஞ்சள் நிற மலர்க்கொத்துகள் கவர்ச்சியானவை. இவை ஆண்டில் இருமுறை மலரக்கூடியவை. இத்தாவரங்கள் விதைகள் மூலம் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. காசியா பேரினத்தில் காசியா சியாமி, கா. ரெனிஜிரா, கா. அலேட்டா, கா. டோரா, கா. டொமன்டோசா, கா. மாண்டேனா, கா. டிமொரியன்சிஸ், கா. க்ளாகா, கா. அப்சஸ், கா. புமிலா, கா. மைமொசாய்ட்ஸ், கா. அங்கஸ்டி ஃபோலியா, கா. ஆக்சிடென்டாலிஸ், கா. ஆரிடு லேட்டா ஆகிய சிற்றினங்கள் எழில் மலர் தரும் தாவரங்களாகும்.

அசோக மரம். சாரகா இண்டிகா *(Saraca indica)* என்பது இதன் தாவரவியல் பெயராகும். இதுவும் சிசாப்பினியேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இது அழகான பசுமையான இலைகளைக் கொண்ட சிறிய மரமாகும். மலர்கள் சிவப்பு நிறமானவை; நறுமண முடையவை. புல்லிகள் நீண்ட கிண்ணம் அல்லது குழல் போன்றவை. அல்லிகள் அற்ற இம்மரத்தை ஒத்த அம்ஹெர்சியா நோபிலிஸ் *(Amherstia nobilis)* பிரவுனிய காக்கினியா *(Brownia coccinea)* முதலிய மரங்களும் இக்குடும்பத்தின் எழில் மலர் தரும் மரங்களாகும்.

பெருமயில் கொன்றை. இது தாவரவியலில் டிலோனிக்ஸ் ரெஜியா *(Delonix regia)* எனப்படும். இது சிசல்பினியேசி (caecalpaeniacea) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இதற்கு குல்மொஹர் என்ற பெயரும் உண்டு. இம்மரம் அழகான பசுமையான இலை களையும் மலர்களையும் தரும். பொதுவாக வெப்ப மண்டலப் பகுதிகளில் அழகுக்காகத் தோட்டங் களிலும் சாலை ஓரங்களிலும் வளர்க்கப்படுகின்றன. இவற்றின் மலர்கள் மஞ்சள் கலந்த சிவப்பு நிறத்தில் காணப்படும். இம்மரங்கள் 15—20 மீ உயரம் வளரக் கூடியவை. விதைகள் மூலம் இவை இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன.

கப்பல் அலரி. இதைக் கள்ளிமந்தாரை, பெருங் கள்ளி, பகோடாமரம் எனவும் கூறுவர். இதன் தாவரவியல் பெயர் புளுமேரியா ரூபிரா *(Plumeria rubra)* ஆகும். இது அபோசைனேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இது 3 — 4மீ உயரம் வளரக்கூடிய சிறிய மரமாகும். இதன் கணுக்கள் பருத்துக் காணப்படும். இலைகளில் இலைத்தழும்புகள் காணப்படும். இலை களையோ கிளைகளையோ வெட்டினால் வெண்மை யான பால் போன்ற நீர்மம் வடிவதைக் காணலாம். இலைகள் மீாற்று அடுக்கில் அமைந்தவை; ஈட்டி வடிவமுடையவை; 10—15 செ. நீளம் உடை யவை; மலர்கள் வெண்மை அல்லது இளஞ்சிவப்பு நிறமானவை. இவை பெரும்பாலான தோட்டங்களில் பாதுகாப்பு இல்லாமல் வளர்க்கப்படுகின்றன. கடற் காற்றின் வேகத்தால் பாதிக்கப்படாமையால் கடல் ஓரப்பகுதிகளில் இவை பெருமளவில் வளர்கின்றன.

பூமருது. இதன் தாவரவியல் பெயர் லாகர் ஸ்ரோமியா ரெஜினி (lagerstromia reginae) ஆகும். இத்தாவரம் லித்ரேசி (lythraceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இம்மரத்தின் இலைகள் துளிர்விடும் போதும், மலரும்போதும் கனிகள் முற்றித் தொங்கும் போதும் அழகாக இருக்கும். இவற்றின் மலர்கள் கொத்தாக இளஞ்சிவப்பு அல்லது வெளிர் நீல நிறத் தில் காணப்படுகின்றன. கால் கொண்ட அல்லிகள் யாவும் ஒரே வடிவானவை; கண்ணைக் கவரக் கூடியவை; விதைகள் மூலம் இனப்பெருக்கம் செய் கின்றன.

மந்தாரை. இது தாவரவியலில் பாகினியா பர்பூரியா *(Bauhinia purpurea)* என்று குறிப்பிடப் படும். இவற்றில் மஞ்சள் மந்தாரை, சிவப்பு மந்தாரை, கருஞ்சிவப்பு மந்தாரை, வெள்ளை மந்தாரை, ரோஜா மந்தாரை எனப் பலவகை உண்டு. பொதுவாக மஞ்சரி ரெசிம்கள் அல்லது நுனி பாலிக்கிள்களான கோரிம்போசாகும். மலர்கள் இருபக்கச் சமச்சீராகவோ உச்சியிலோ இலைக் கோணங்களிலோ காணப்படும். பூவடி இதழ்களும், பூவடிச் சிறு இதழ்களும் சிறியவை. அவை முதிரு முன்னரே உதிரும் தன்மையுடையன. சிலவகைகளில் மலர்கள் பெரிய வளமான மகரந்தத்தாள்கள் கொண்டவையாகும். கனி வெடிக்கனி அல்லது வெடியாக்கனியாகும். இவற்றின் இனங்கள் பாகினியா டொமண்டோசா, பா. அகுமிலேடா, பா. ரேசிமோசா, பா. டைஃபில்லா, பா. ரெடுசா, பா. வேரிகேடாபாஃபோனிசியா, பா.மோளாண்ட்ரா ஆகும்.

எழில் மலர்தரும் குறுஞ்செடி

மனோரஞ்சிதம். ஆர்ட்ரபோட்ரிஸ் ஹெக் ஸாபெட்டலஸ் (Artabotrys hexapetalus) என்பது இதன் தாவரவியல் பெயராகும். இது அனோனேசி (annonaceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. 2—4மீ வளரக்கூடிய கொடியாகும். இதன் மலர்கள் முதலில் பச்சைநிறத்திலும், முதிரும்போது இளமஞ்சள் நிறத்திலும் காணப்படுகின்றன. இதன் காம்பின் ஒருபகுதி கொக்கி போன்ற வளர்ச்சி அடைந்து இருக்கும். இத்தாவரத்தின் மலர்கள் வேனிற் காலத்திலும் மழைக்காலத்திலும் மலரும்போது இவற்றின் நறுமணம் மனத்தை ஈர்க்கும். இவை விதைகள் மூலமும், முதிர்ந்த கிளைகளை நடுவதன் மூலமும் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன.

மல்லிகை. இது தாவரவியலில் ஜாஸ்மினம் (jasminum) என்று குறிப்பிடப்படும். ஒலியேசி (oleaceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இவற்றில் இரு நூறுக்கும் மேற்பட்ட சிற்றினங்கள் காணப்பட்ட

போதும் மல்லிகை, முல்லை, கொடிமுல்லை, குண்டு மல்லிகை போன்றவை மலர்களுக்காக வளர்க்கப்படுகின்றன. இவை ஏறு கொடிகளாகவோ, நேராக வளரும் சிறு புதர்ச்செடிகளாகவோ வளர்கின்றன. நிழலிலும் திறந்த வெளிகளிலும் வளரக்கூடியவை. மலர்களிலிருந்து நறுமணப் பொருள்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. கிளைகளை வெட்டி நடுவதாலும் பதியன் போடுதலாலும் இனப்பெருக்கம் செய்யலாம்.

பாரிஜாதம். இது தாவரவியலில் நிக்டான்தஸ் ஆர்போடிரிஸ்டிஸ் (nyctanthes orbotristis) எனப்படும். பவழமல்லி என்றும் இதைக் குறிப்பிடுவர். வெர்பனேசி (verbanaceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. பொதுவாகக் கோவில் தோட்டங்களில் வளர்க்கப்படும். இதன் வேர் வழிபாட்டிற்குப் பயன்படுகிறது. மலர்கள் உருவத்தில் மல்லிகையைப் போன்று காணப்படுகின்றன. ஓரளவு நிழல் பகுதிகளிலும் மணல் கலந்த வண்டல்மண் பகுதிகளிலும் நன்கு வளரக் கூடிய தாவரமாகும். மலர்கள் நறுமணப் பொருள்கள் செய்வதிலும், சாயத்தொழிலிலும் பயன்படுகின்றன.

மருதாணி. இதன் தாவரவியல் பெயர் லாசோனியா எனர்மிஸ் (lawsonia inermis). இது லித்திரேசி (lythraceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. மருதாணி குறுஞ்செடியாக வளரும். இது இந்தியாவில் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் வளர்க்கப்படுகின்றது. 3—5 மீ அடி உயரம் வளரக்கூடியது. இத்தாவரத்தின் மலர்கள் பழுப்புக் கலந்த வெள்ளை நிறத்தில் காணப்படுகின்றன. மலர்களின் சாறு நறுமணப்பொருள்கள் தயாரிப்பில் பயன்படுகின்றது. இவற்றின் இலைகளை அரைத்துக் குழைத்து உள்ளங்கைகள், விரல்கள். கால்கள் முதலியவற்றை அலங்கரித்துக் கொள்கின்றனர். உயிர்–வேலித் தாவரமாகவும் வளர்க்கின்றனர். இவற்றின் முதிர்ந்த தண்டுகளை வெட்டி நெருக்கமாக நடுவதன் மூலம் இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகிறது.

மயில் கொன்றை. தாவரவியலில் இது சிசல்பினியா பல்செரிமா (*caesalpenia pulcherima*) எனப்படும். சிசல்பினியேசி (caesalpeniaceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இது ஒரு பெரிய குறுஞ்செடியாகும். தமிழ்நாட்டில் அனைத்து இடங்களிலும் சமதரையில் இதைக் காணலாம். சிறு முள்ளுடன் கூடியது. மலர்கள் சிவப்புக் கலந்த மஞ்சள் நிறமுடையன. பொதுவாகத் தோட்டங்களில் அனைத்துக் காலத்திலும் பூத்துக் குலுங்குவதைக் காணலாம். பறவை இறகுகளைப் போன்று கூட்டு இலைகள் திடீரென்று முடிவடைந்திருக்கும். பல சிற்றிலைகள் சிறியவையாகவோ, பெரியவையாகவோ காணப்படும். சிற்றிலைக்காம்புகள் இல்லை. மஞ்சரி ரெசிம்கள் அல்லது பானிக்கிளாகும். மலர்கள் இலைக்கோணத்திலோ உச்சியிலோ வெளிப்படையாக அமைந்திருக்கும். பூவடிச்செதில்கள் முதிரு முன்பே உதிர்ந்துவிடும். கனி நீள் சதுரமாகவும், நேராகவும் இருக்கும். மெல்லிய குறுகிய அலகுடனிருக்கும். இக்குடும்பத்தில் காணப்படும் ஏனைய குறுஞ்செடிகள் சி. க்ரிஸ்டா (*caesalpenia crista*) சி. சப்பான் (*C. sappan*) சி.கோரியாரியா (*C. coriaria*) சி. செப்பியாரியா (*C.sepicria*) சி. பாண்டுசெல்லா (*C. bonducella*) சி. மைமோசாய்ட்ஸ் (*mimosoidcs*) ஆகும். பெரும்பாலும் தோட்டங்களில் எழில் தாவரங்களாக வளர்க்கப்படும். சிலவற்றின் கட்டைகள் மிகவும் கடினமானவை. அவை பொருளாதாரச் சிறப்புடையவை. சிலவகை மரம் தோல் பதனிடும் தொழிலுக்காக வளர்க்கப்படுகிறது.

காகிதப்பூ. தாவரவியலில் இது போகேன்வில்லா (*bougainvillea sp.*) எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளது. இது நிக்டாசினேசி (nyctaginaceae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இதில் நூற்றுக்கணக்கான சிற்றினங்களும் வகைகளும் காணப்படுகின்றன. அழகான கண்ணைப் பறிக்கும் வண்ணங்களைக் கொண்ட மலர்களையுடைய பேரினமாகும். இவற்றின் பூச்செதில்கள் அல்லிகள் போன்று உருமாறியுள்ளன. காகிதப் பூச்செடிகள் அனைத்து இடங்களிலும் குறிப்பாக மதிற்சுவர்களின்ஓரங்களிலும் வேலி ஓரங்களிலும் வளர்க்கப்படுகின்றன. இச்செடிக்குப் பராமரிப்பு மிகுதியாகத் தேவைப்படுவதில்லை .ஆனாலும் ரோஜா ஆர்கிடுகள் வகைத் தாவரங்களை வளர்ப்பது எளிமையானதன்று. ஆனால் அவற்றை நன்கு பராமரித்து வளர்த்த பிறகு காணப்படும் மலர்கள் அழகு வாய்ந்தவை.

மலர்தரும் சிறு செடி. பெரும்பாலான மலர் தரும் சிறு செடிகள் ஓராண்டுக்குள்ளேயே மலர்ந்து மணம் வீசி மறையக் கூடியன. இவற்றைப் பருவ மலர்த் தாவரங்கள் என்பர். அஜிரேத்தும் (*Agerathum sp*) அல்த்தேயா (*Althaea sp*) காலண்டுல்லா (*calandulo sp*) சிலோசியா (*Celosia sp*) கோரியாப்சிஸ் (*Coreopsis sp*) டாலியா, டையாந்தஸ் ஹிலியாந்தஸ் பெட்டூனியா பிளாக்ஸ் (*Phlox sp*), போர்ட்டலுக்கா, டேஜிடிஸ் (*Tagetes sp*), ஜின்னியா (*Zinniah sp*) ஆகியவற்றின் சிற்றினங்கள் இந்தியாவில் பெருமழைக்காலங்களில் நன்றாகப் பூக்கின்றன. இவற்றின் விதைகளை நாற்றங்கால்கள் அல்லது பூந்தொட்டிகளில் விதைத்து 30-40 நாள்களுக்குப் பின்னர் கன்றுகளை நடலாம். வாரத்திற்கு ஒருமுறை அவற்றிற்குத் தேவையான உரங்கள் இட்டு மிகுந்த கவனத்துடன் பராமரிக்க வேண்டும்.

மலர்க்கொடி. அகனோஸ்மா (*Aganosma sp*), அலமாண்டா (*Aleamanda sp*), பொரானா (*Porana sp*), பிக்னோனியா (*Bignonia sp*), ஹிப்டேஜ் (*Hipage sd*) அரிஸ்டோலோகியா (*Aristalocia sp*) டையாஸ்கேரியா (*Diffenbachia sp*) முதலியவை மலர்கள் தரும் சிறு செடிகளாக வளர்க்கப்படுகின்றன. இவற்றை ஆண்டுக்குக் குறைந்தது இரு முறையாவது அழகுபடக் கவாத்துச் செய்தல் நன்று.

தழையழகுத்தாவரம். இவ்வகைத் தாவரங்களின் இலையும் தழைகளுமே தனி அழகைத் தருகின்றன. அக்காலிபா (*acalypha*), கான்னா (*Canna sp*), பைசோனியா (*Pisonia sp*), கோலியஸ் (*Coleus sp*), டிரசினா (*Dracaena sp*), பெகோனியா (*Begonia sp*), கோடியகம் (*Codiaenm*), சான்ஸ்வீரியா (*Sansivaria sp*), கலாடியம் (*Caladiun sp*), ஆன்துாரியம் (*Authuriom sp*), ஆரம் (*Arum sp*) டைபென்பேக்கியா (*Diffebachia sp*), பிளோடென்ரான் (*Philodedran sp*) ஆகிய தாவரங்கள் இலை அழகுக்காகப் பெரும்பாலான தோட்டங்களில் வளர்க்கப்படுகின்றன. அஸ்பராகஸ் (*Asparagus racemosus*) என்பது லில்லியேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்த பல்பருவத் தாவரம். இதைச் சதாவேரி அல்லது நீர்விட்டான் கிழங்கு என்பர். முள்கள் நிறைந்த இலை படர்ந்து வளர்வன. இவற்றின் தண்டின் மீது பற்பல கொக்கி முள்கள் காணப்படும். இவற்றின் தண்டுகள் ஊசிபோன்று மெல்லியவை. இவற்றை இலைத் தொழில்தண்டு என்பர். உண்மையான இலைகள் இவற்றில் காணப்படுவதில்லை. இத்தகைய உருமாற்றத்தால் இவை தழையழகுத் தாவரமாக வளர்க்கப்படுகின்றன.

இவ்வகை மரங்கள் அரிகேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை. ஓரியோடேக்ஸா ரிஜியா (*Oreodoxa regia*) என்ற பனையும் இவற்றில் அடங்கும். இதை ராயல் பனை எனவும் குறிப்பிடுகின்றனர். மேலும் காரியோட்டா (*Caryota sp*), லிகுலோ (*Licula sp*) நிப்பா (*Nipa sp*), ராபில், (*Rhapis sp*) ஆகிய பனை இனங்களும் அழகுக்காகத் தோட்டங்களில் வளர்க்கப்படுகின்றன.

- இராபின்சன் தாமஸ்

எழுசுருள் காந்தவியல்

சில உலோகங்கள், உலோகக் கலவைகள், உப்புகள் போன்றவற்றின் அணுகாந்தத் திருப்புத்திறன்கள் குறைந்த வெப்பநிலையில் சுருள் வடிவத்திலோ (spiral) எழுசுருள் (helix) வடிவத்திலோ அமைந்திருக்கும். படத்தில் காட்டியபடி எளிய எதிர் ஃபெர்ரோகாந்தங்கள் எழுசுருள் கோணம் $\varphi = 180^\circ$ ஆக இருக்கும்போது கூம்பு வடிவமற்ற எழுசுருள் காந்தங்கள் என்றும், எளிய ஃபெர்ரோ காந்தங்கள் எழுசுருள் கோணம் $\phi = 0^\circ$ ஆக இருக்கும்போது கூம்புவடிவமற்ற எழுசுருள் காந்தங்கள் என்றும் கருதப்படுகின்றன. இதைப் போன்று கூம்பு வடிவமற்ற எழுசுருள் காந்தங்களின் கூம்புக்கோணம் $\theta = 0$ என இருக்கும்போது இவை கூம்புவடிவ எழுசுருள் காந்தங்கள் என்று கருதப்படலாம். காந்தக் கட்டமைப்பானது (magnetic structure) நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவின் (neutron diffraction) மூலம் கண்டறியப்படுகின்றது.

காந்தத் தனிமத்திலுள்ள அணுக்களின் தற்சுழற்சி S_i க்கும் S_j க்கும் இடைப்பட்ட பரிமாற்றுப் பிணைப்பு எண் J_{ij} (exchange coupling parameter) குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்குள் இருக்கும்போது எழுசுருள் காந்தவியல் (helimagnetism) தோன்றுகிறது. இந்தப் பரிமாற்று ஆற்றலைப் பின்வரும் சமன்பாடு மூலம் கணக்கிடலாம்.

$$E_{ij} = -2 J_{ij} S_i \cdot S_j$$

ஒரே தளத்தில் அமைந்த அணுக்களிடையேயான வலிமையான ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்பையும் அதே தளத்தில் அமைந்த அணுக்களிடையேயான வலிமையற்ற ஃபெர்ரோ அல்லது எதிர்ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்பையும், அடுத்துள்ள தளங்களில் அமைந்த அணுக்களிடையேயான வலிமையற்ற ஃபெர்ரோ அல்லது எதிர் ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்பையும் உடைய அச்சுக்கட்டமைப்பைக் (axial structure) கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். கடைசியாகச் சொல்லப்பட்ட தளங்கள் அடுத்துள்ள தளத்துடன் உண்டான பிணைப்பு J_1 என்றும், இதற்கு அடுத்துள்ள தளத்துடன் சேர்ந்த பிணைப்பு J_2 என்றும், இதைப்போன்றே மற்ற தளங்களுடனும் பிணைப்புள்ளதாகக் கொள்ளலாம். முதலாவதாக அமைந்துள்ள தளத்தின் ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்புகள் உடைய தற்சுழற்சிக்கும், n ஆவது தளத்தில் அமைந்துள்ள ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்புகளுடைய தற்சுழற்சிக்கும் இடையேயுள்ள கோணம் φ_n எனில் பரிமாற்று ஆற்றல் பின்வரும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது.

$$E \propto -\sum_n [J + 2J_1 \cos(\varphi_{n+1} - \varphi_n) + 2J_2 \cos(\varphi_{n+2} - \varphi_n) + \ldots] \quad — 2$$

J என்பது தளவிடைபரிமாற்று (intra planar exchange) ஆகும் எழுசுருள் அணியைக் கருத்தில் கொள்ளும் போது

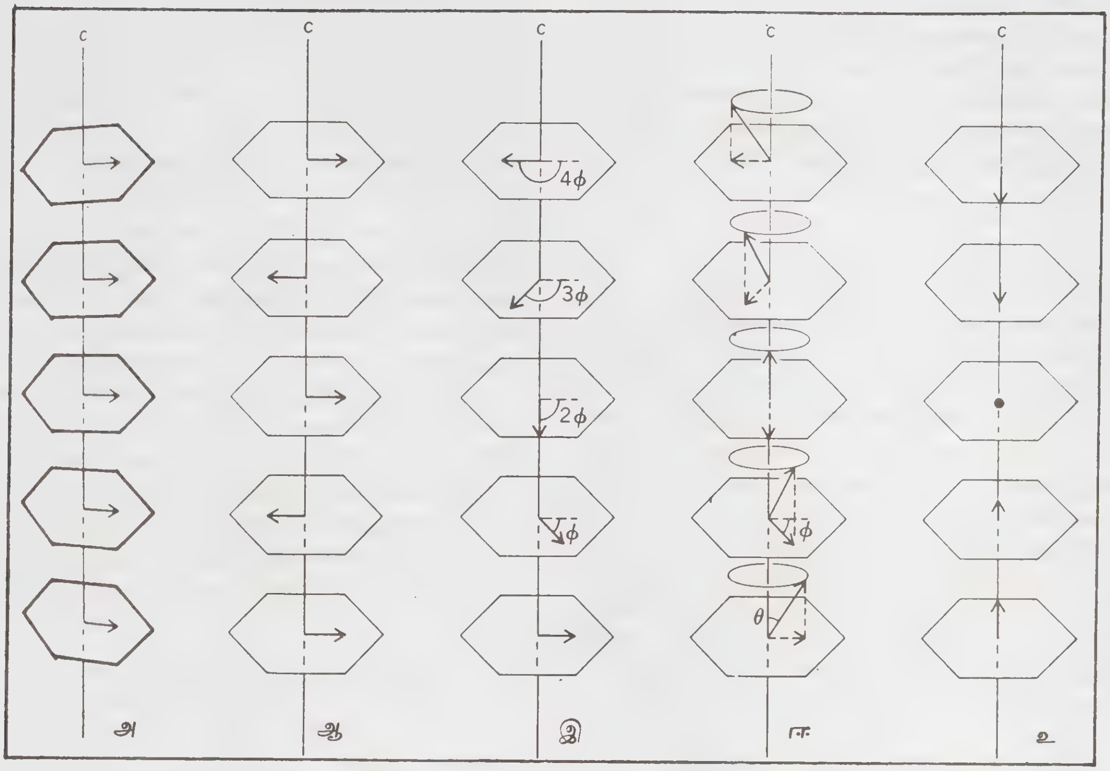
$$\varphi_n = nka + \text{மாறிலி} \qquad (3)$$

a என்பது இருதளங்களுக்கிடைப்பட்ட தொலைவு ஆகும். K என்பது எழுசுருள் தளத்தைக் குறிக்கும் அலை எண் ஆகும். படம் (இ) இல் காட்டியபடி அடுத்தடுத்து அமைந்துள்ள தளங்களுக்கிடையேயான கட்டகோணம் (phase angle) φ.

சமன்பாடு 3 ஐச் சமன்பாடு 2 இல் பிரதியிட

$$E \propto -[J + 2J_1 \cos ka + 2J_2 \cos 2ka + \ldots] = -J_k \quad — 4$$

J_k என்பது பரிமாற்று எண் J_{ij} இன் ஃபூரியர் மாற்று (Fourier transform) ஆகும். K—இன் மதிப்பால் பரிமாற்று ஆற்றலின் மதிப்பு குறைக்கப்படுகிறது. ஆனால் J_kஇன் மதிப்பு பெருமமாக்கப்



காந்தப்பண்புகளால் வரிசைப்படுத்தப்பட்ட அணிகள், அறுங்கோண அமைப்பின் மைய அச்சு (C) வழி அமைந்த அடுத்தடுத்த தளங்களின் காந்தத் திருப்புதிறன்களைக் கொண்டு திசைகள் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.

(அ) எளிய ஃபெர்ரோகாந்தம், (ஆ) எளிய எதிர்ஃபெர்ரோகாந்தம், (இ) எழுசுருள் கோணம் உடைய கூம்புவடிவமற்ற எழுசுருள் காந்தம் (ஈ) கூம்புகோணம் θ எழுசுருள் கோணம் ϕ உடைய கூம்புவடிவ ஃபெர்ரோ காந்த எழுசுருள் (உ) சைன்வடிவ எதிர் ஃபெர்ரோ காந்தம்.

படுகிறது. இம்முறையின் மூலம் எழுசுருளின் தளம் கணக்கிடப்படுகிறது.

ஃபெர்ரோ காந்தங்களில் J_kஇன் மதிப்பு k=o என்று இருக்கும்போது பெருமமடைகிறது. ஆனால் தளங்களுக்கிடையேயான J_nஇன் மதிப்பு எதிர் மதிப்பைப் பெற்றிருந்தால் K=o ஆக இருந்தால் கூட J_kஇன் மதிப்பு பெருமமாக இருக்காது. அதாவது எதிர் ஃபெர்ரோ காந்தங்களில் Kஇன் மதிப்பு சுழியாக இருக்கும்போது J_k இன் மதிப்பு பெருமமாக இருக்காது.

கூம்பு வடிவ எழுசுருள் காந்தங்களில் $K \neq o$ ஆக இருக்கும்போது J_k இன் மதிப்பு பெருமமாகின்றது. மேலும் திசை ஒவ்வாப் பிணைப்பால் (anisotropic coupling) படிக அச்சில் தற்சுழற்சி வரிசைப்படுத்தப் படுகிறது.

சில எழுசுருள் காந்தங்கள் சிக்கலான அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக மாங்கனீஸ் சல்ஃபேட் (manganese sulphate) 10K வெப்பநிலைக்குக் கீழாகக் குளிரவைக்கப்படும்போது இரண்டு எதிர் ஃபெர்ரோ காந்தப் பிணைப்புடைய கூம்பு வடிவ எழுசுருள்களாகப் பிரிகின்றது.

- ஜா. சுதாகர்

எழுசுருள்மை

பீட்டா உமிழ்வானிலிருந்து (beta emitter) வெளிப்படும் எலெக்ட்ரானும், நியூட்ரினோவும் நெடுக்கு முனைவாக்கம் (longitudinal polarisation) பெற்றிருக்கின்றன என்பதை ஆய்வு மூலம் தெரிந்து கொண்டபின் வலிமை குறைந்த வினைகள் (weak interaction) இடவலச் சீரமைப்புச் சம விளைவுக்கு (parity) உட்பட்டு நிகழ வேண்டும் என்பதில்லை என்ற

பேருண்மை தெளிவானது. இடவலச் சமவிளைவு மாறாக் கோட்பாட்டிற்கு மீறிய வகையில் வலிமை குறைந்த வினைகள் நிகழலாம் என்பதை லீ மற்றும் யாங் என்போர் நிறுவினர். பொதுவாக ஒரு துகளின் நெடுக்கை முனைவாக்கத் திறனும் நிலையும் அதன் எழுசுருள்மை (helicity) எனப்படும். இப்பண்பு அடிப் படைத் துகள்களின் இயக்கப் பண்புகளைப் புரிந்து கொள்ளப் பயனுடையதாக இருக்கின்றது.

ஒரு துகளின் ஏழு சுருள்மையை (H),

$$H = \sigma, p$$

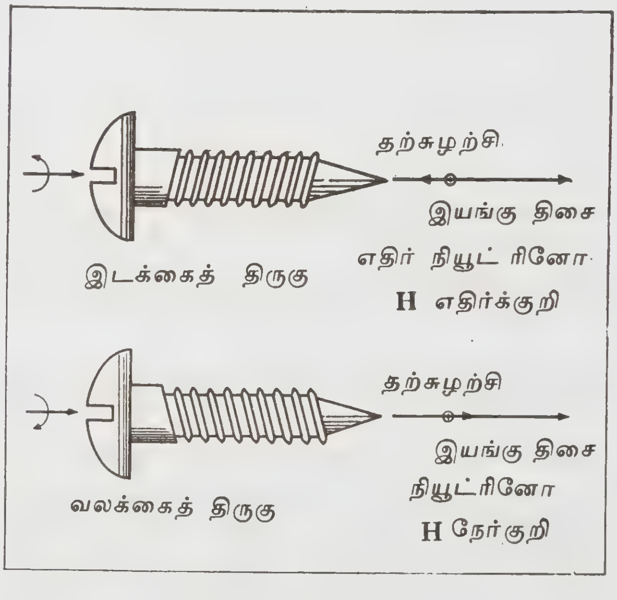
என்ற குறியீடுகளால் குறிப்பிடலாம். இதில் σ என்பது தற்சுழற்சித் திசையில் ஓர் அலகுதிசையியையும் (unit vector), p என்பது துகளின் நேர்கோட்டு உந்தத் திசையில் ஓர் அலகு திசையினையும் குறிக்கும். துகளின் நேர்கோட்டு உந்தத்திற்கும் அதன் அளவு மதிப்பிற்கும் (magnitude) உள்ள தகவே p ஆகும். σ உம் p உம் இணையாக இருக்குமெனில் துகள் கற்றையானது நெடுக்கு முனைவாக்கம் பெற்றுள்ளது எனவும், அவை நேர்குத்தாக இருக்குமெனில் குறுக்கு முனைவாக்கம் பெற்றுள்ளன என்றும் சொல்லப்படும். எனவே, இயங்கு திசையில் மட்டும் தற்சுழற்சிக் கொண்டிருக்கும் துகளின் தனிச் சிறப்புப் பண்பே எழுசுருள்மை என்று கூறலாம்,

ஒரு துகளின் எழு சுருள்மை நேர்க் குறியுடையதாகவோ எதிர்க் குறியுடையதாகவோ இருக்கலாம். நேர் கோட்டு உந்தத்திற்கு ஒரு துகளின் தற்சுழற்சி இணையாக இருந்தால் எழு சுருள்மை நேர்குறியானது எனவும், எதிரிணையாக இருந்தால் எதிர்க் குறியானது எனவும் கொள்ளப்படும். ஒரு திருகின் முனை முன்னேறிச் செல்லும் திசை, கோணத் திசை வேகத் திசையனுக்கு இணையாக இருந்தால் எழு சுருள்மை நேர்க்குறி எனவும், எதிரிணையாக இருந்தால் எதிர்க்குறி எனவும் கொள்ளலாம். ஆகவே ஒரு துகளின் நேர்கோட்டு இயக்கமும் அதன் தற்சுழற்சியும் வலக்கைத் திருகை (right handed screw) ஒத்தது எனில் அவற்றில் எழு சுருள்மை நேர்க்குறி எனவும், இடக்கைத் திருகை ஏத்தன எனில் எழு சுருள்மை எதிர்க்குறி எனவும் அமையும்.

எழு சுருள்மை இட வலச் சம விளைவுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையதாக இருக்கின்றது. ஓர் அமைப்பு, இடவலச் சமவிளைவுக்கு உட்பட்டு இருந்தால் அதன் எழு சுருள்மை சுழியாகும். மாறாக அவ்வமைப்பு இடவலச் சம விளைவிற்கு மீறியதாக இருப்பின், அதன் எழுசுருள்மை சுழியற்றதாகவே இருக்கம்.

பீட்டா உமிழ்வானால் உமிழப்படும் பீட்டா துகள்களின் எழுசுருள்மை $H = \pm \frac{v}{c}$ எனக் கொள்கை மூலம் மதிப்பிட்டுள்ளனர். இதில் v பீட்டா துகளின் திசை வேகத்தையும், c ஒளியின் திசை வேகத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன. (எலெக்ரான் எனில் H எதிர்க்குறியுடையதாகவும், பாசிட்ரானானால் H நேர்க் குறியுடையதாகவும் இருக்கும்). நியூட்ரினோவின் எழு சுருள்மை $= H \pm 1$ ஆகும். (நியூட்ரினோ எதிர்க்குறியுடைய எழு சுருள்மையையும், எதிர் நியூட்ரினோ நேர்க்குறியுடைய எழு சுருள்மையையும் பெற்றிருக்கும்). இதிலிருந்து நியூட்ரினோவின் பண்புகளைப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

முதலாவது நியூட்ரினோவின் தற்சுழற்சி, அது இயங்கும் திசைக்குத் செங்குத்துத் திசையில் எவ்வித ஆக்கக்கூறும் (component) உடையதாக இருக்காது. இரண்டாவது எதிர் நியூட்ரினோ எப்போதும் நேர்க் குறியுடைய எழு சுருள்மையையும், நியூட்ரினோ எப்போதும் எதிர்க் குறியுடைய எழு சுருள்மையையும் பெற்றிருக்கின்றன. உண்மையில் நியுட்ரினோவையும் எதிர் நியூட்ரினோவையும், அவற்றின் எழு சுருள்மையால் மட்டுமே வேறுபடுத்திப் பார்க்க முடிகின்றது (படம்1) (ஒளித் துகள்களுக்கு (photon) எழுசுருள்மை இல்லை; எனவே ஒளித்துகள் என்றும் எதிர் ஒளித் துகள் என்றும் வரையறைப்படுத்த இயலாது.)



படம் 1.

எழு சுருள்மையின் காரணமாக, நியூட்ரினோக்கள் எப்போதும் ஒளியின்திசை வேகத்திலேயே இயங்க வேண்டும் என்றும், அதனால் அவை ஓய்வு நிலை நிறையற்றவையாகவே இருக்க முடியும் என்பதையும் கொள்கை வாயிலாக நிறுவலாம். ஒரு துகளின் தனிச் சிறப்பியல்புகளைக் கூறும் எந்தவொரு பண்பும், ஓர் ஆய அமைப்பில் உள்ள காண்போரைப் பொறுத்து ஒரு போதும் மாறாது. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு

துகளின் ஓய்வு நிலை நிறை, மின்னூட்டம் இவற்றைக் குறுப்பிடலாம். நியூட்ரினோக்கள் குறிப்பிட்ட ஓய்வு நிறையுடையனவாக இருந்தால் அவை எப்போதும் ஒளியின் வேகத்திற்குக் குறைவான வேகங்களில் மட்டுமே இயங்க முடியும். இதனால் நியூட்ரினோவின் வேகத்தைவிட அதிகமாகவும், ஒளியின் வேகத்தைவிடக் குறைவாகவும் வேகங்கொண்ட ஓர் ஆய அமைப்பில் காண்போர்க்கு, நியூட்ரினோ பின்னோக்கிச் செல்வது போலத் தோன்றும். இயக்கத் திசை நேர் எதிராக மாறிப் போனதால், அவருக்கு நியூட்ரினோ எதிர் நியூட்ரினோ போலத் தோன்றும். அதாவது துகளானது, காண்போரின் இயக்கத்தைப் பொறுத்து தன் சிறப்பியல்புப் பண்புகளை மாற்றிக் கொள்ளும். இது முற்றிலும் இயற்கை விதிமுறைக்கு முரண்பட்டது. எனவே நியூட்ரினோக்கள் ஒளியின் திசைவேகத்தில் மட்டுமே செல்கின்றன என்றும் அதனால் அவற்றின் ஓய்வு நிலை நிறை சுழி என்றும் கருதலாம்.

- மெ. மெய்யப்பன்

எள்

பெடாலியேசி வரிசையைச் சார்ந்த எள் செடியின் தாவரவியல் பெயர் சீசாமம் இண்டிகம் *(Sesamum*

எள்

ndicum) என்பதாகும். பொதுவாக இது 100 செ. மீ. - 140 செ. மீ. உயரம் வரை வளரும் இயல்பு டையது. சில கலப்பினச் செடி 150 செ. மீ. உயரத்திற்கு மேல் பருத்த தண்டுடன் இருக்கும். இலைகள் வளைந்தும் (dentate) அல்லது முழுமை யாகவும் இருக்கின்றன. இலையச்சுகளில் பூக்கள் ஒவ்வொன்றாகவோ, இரண்டாகவோ, மூன்றாகவோ இருக்கும். எள்ளின் பூக்கள் ஏறத்தாழப் பிக்னோனி யேசி வரிசைத் தரவரங்களை ஒத்திருக்கும். பூக்கள் வெண்மையிலிருந்து கரு ஊதா நிறம் வரை பல நிறங்களுடனும் குழல் (corolla) வடிவ அல்லிவட்டத் துடனும் இருக்கும். நான்கு மகரந்தக் கேசரங்கள் உள்ளன. இரு மட்டச் சூலகம் இரு செல்களை உடையது. கனி, நான்கு பட்டைகளுடைய இரு அறை கொண்ட வெடிகனி வகையைச் சார்ந்தது; 4-5 செ.மீ. நீளம், 1-2 செ.மீ. பருமன் உடையது. வெள்ளை நிற எள் காய்கள் பழுப்பு நிற எள் காய் களைவிடப் பருத்தும் பெரிதாகவும் இருக்கும். மிகச் சிறிய விதைகள் எண்ணிக்கையில் தட்டையான முட்டை வடிவத்தோடு உள்ளன. விதைகள் வெண்மையிலிருந்து கறுப்பு வரை பல நிறங்களில் காணப்படும்.

எள் மிகவும் தொன்மை வாய்ந்த எண்ணெய் வித்துப் பயிராகும். இது மனிதப் பயன்பாட்டிற்கு வந்த காலத்தை அறுதியிட்டுக் கூற இயலாது. எத்தியோப்பியா, பாரசீகம், ஆப்கானிஸ்தான் முதலிய நாடுகளிலிருந்தும் எள் தோன்றியிருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. எத்தியோப்பிய தோற்று வாய்க்குப் பின்னர் அது இந்தியாவுக்கும், சீனா விற்கும் பரவியமைக்கான சான்றுகள் உண்டு.

சாகுபடி செய்யும் பரப்பளவில் இந்தியா முதலி டம் பெற்றாலும் உற்பத்தியில் சீனாவுக்கு அடுத்தே உள்ளது. உத்தரப்பிரதேசம், மத்தியபிரதேசம், இராஜஸ்தானம் ஆகிய மாநிலங்களிலும் எள் மிகுதி யாகப் பயிரிடப்படுகிறது. உலக உற்பத்தி சரியாகக் கணக்கிடப்படவில்லை. உழவர்கள் உற்பத்தியின் பெரும்பகுதியைத் தம் பயன்பாட்டிற்கும் விதைக்கும் இருப்பு வைத்துக்கொள்வதே இதற்குக் காரண மாகும்.

இதற்குச் சிசாமம் ஓரியண்டேல் (*Sesamum orientale*), சி. ஒலிஃபிரம் (*S.oleiferum*) என்றும் பல பெயர்கள் உண்டு. எள்ளைத் தவிர சி. அங்கஸ்டி போலியம் (*S. angustifolium*) சி. ஏடியூல் (*S. edule*), சி. லுட்டியம் (*S. luteum*) என்னும் செடியைக் காய்கறிக்காகவும், மருத்துவத்திற்காகவும், எண் ணெய்க்காகவும் பயிரிடுவதாகத் தெரிகிறது.

முப்பத்தாறு எள் இனத் தாவரங்கள் உள்ளன என்று அறியப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் பாதிக்கு மேல் ஆப்பிரிக்கக் காடுகளில் வளர்கின்றன. இந்தியாவில் இருவகைச் செடிகள் உள்ளன. அவை சி. பிராஸ்ட்டி ரேடம் (*S. prostratum*) சி. லெசினியேட்டம் (*S. laciniatum*) எனப்படும்.

தமிழ்நாட்டில் நீண்டகால எள் (135 நாள்), குறுகிய கால எள் (80-90 நாள்) ஆகிய இருவகை எள் பயிரிடப்படுகிறது. நீர் வடிகால் வசதியுள்ள அனைத்து வகை நிலங்களிலும் எள் பயிரிடப்பட் டாலும், மணல் கலந்த செம்மண் அல்லது வண்டல் நிலங்களில் மிகவும் செழித்து வளரும். இப்பயிருக்கு நீர் தேங்கக் கூடாது. இது குறிப்பாக நிலக் கடலை, நெல், சோளம், கம்பு முதலிய பயிர்களுக்கு அடுத்த பயிராகவும், நிலக்கடலை சோளம், கம்பு, பருப்பு வகைகளுடன் கலப்புப் பயிராகவும் பயிர் செய்யப்படுகிறது.

ஹெக்டேருக்கு ஏறத்தாழ இரண்டு கிலோ விதை தேவையாகும். மணல் கலந்து விசிறுவது தமிழ் நாட்டில் வழக்கமாக உள்ளது. இந்த முறையில், இடைவெளி ஒரே சீராக இருக்காது. வரிக்கு வரி 45 செ. மீ. செடிக்குச் செடி 10 செ. மீ. இடை வெளி மானாவாரிப் பயிருக்கும், செடிக்குச் செடி 20 செ. மீ. இடைவெளி இறைவைப் பயிருக்கும் விட வேண்டும். விதைத்த பதினைந்தாம் நாள் செடிகளைக் களைஎடுத்து விட வேண்டும். மூன்று வாரத்திற்குப் பின்பு களை எடுப்பதும் மேலும் இரு வாரம் சென்ற பின்பு தேவையானால் இரண்டாம் களை எடுப்பதும் சிறந்தது.

எள் பயிருக்கு உரமிடத் தேவையில்லை என்றா லும் ஹெக்டேருக்கு 10 வண்டி தொழு உரம், 20 கிலோ நைட்ரஜன், 10 கிலோ பாஸ்ஃபரஸ், 10 கிலோ பொட்டாஷ்உரம் இடுவது நல்லது. இறைவைப் பயிருக்கு 30,20,20 கிலோ விகிதத்தில் N, P, K உரம் தேவை.

நீர்ப் பாய்ச்சுவது மண்ணின் தன்மையையும், பயிர்ச் சாகுபடியின்போது பெய்யும் மழை அளவை யும் பொறுத்தமையும். கோடையில் 7,8 முறை நீர் பாய்ச்ச வேண்டியிருக்கும். மானாவாரியில் மழை மிகுதியாக இருந்தால் நீர் வடிக்க வேண்டும். செடியில் தண்டும் காய்களும் பச்சை நிறத்திலிருந்து மஞ்சள் நிறத்திற்கு மாறிய உடனே செடிகளைப் பிடுங்கிக் குத்தாக வைக்க வேண்டும். நன்றாக முற்றிவிட்டால் காய்கள் வெடித்து விதைகள் சிதறி விடலாம். கறுப்பு முதல் வெள்ளை நிறம் வரை எள் பல நிறங்களில் உள்ளது. வட இந்தியாவில் வெள்ளை நிறவகையும் தமிழ்நாட்டில் கறுப்பு (சிவப்பு) நிறவகை எள்ளும் மிகுதியாகச் சாகுபடி யாகின்றது.

பயன். எள் விதை பலகாரங்கள், செய்யவும் தர்ப்பணத்திற்கும், மருத்துவத்திற்கும் பயன்படும். எள் உடலுக்கு உறுதி தரும். எள் எண்ணெய் மிகவும்

சிறந்த சமையல் எண்ணெய் ஆகும். ஆனால் சோப், வனஸ்பதி தயாரிப்பில் குறைவாகவே பயன்படுகிறது. இந்த எண்ணெய் பிற மருந்துகளுடன் கலந்து ஊசி மருந்தாக்கப்படுகிறது. தூய எண்ணெய் நல்ல மலமிளக்கி ஆகும். இது தேய்ப்புத்தைலம் அரைச் சாந்து (plaster) களிம்பு (oinment) தயாரிக்கவும் பயன்படுகிறது.

பிண்ணாக்கு கால்நடைத் தீவனமாகவும், உர மாகவும் பயன்படுகிறது. தோல் நீக்கிய விதைகளி லிருந்து எடுக்கப்படும் பிண்ணாக்கில் வழக்கமாகக் காணப்படும் கசப்பு நீங்கிவிடுவதால், சத்துணவு தயாரிப்பில் இது மூலப்பொருளாகிறது. வெனிசூலா நாட்டில் 10% எள் விதை சேர்ந்த ரொட்டி விற்கப் படுகிறது.

- ந. சுந்தரம்

எளிதில் உருகி

பொதுவாக எல்லா உலோகக் கலவைகளும் நீர்ம நிலையில் இருக்கும்போது ஒன்றுடன் ஒன்று சீராகக் கலந்துள்ள நிலையில் இருக்கும் தன்மை உடையவை. ஆனால் அவற்றின் வெப்பநிலை குறைந்து உருகும் வெப்பநிலையைவிடக் குறைவான வெப்பநிலையை அடையும்போது அவை திண்மக்கரைசலாக (solid solution) மாற்றப்படுதல், இரண்டு உலோகங்களும் வேதிக் கலவையாக மாற்றம் அடைதல், நேர்த்தி யாகக் கலக்கப்பட்ட உலோகத் தனிமங்களின் கலவை யாக மாற்றம் அடைதல்,நேர்த்தியாகக் கலக்கப் பட்ட திண்மக் கரைசல் தனிமங்களின் கலவையாக மாற்றம் அடைதல்,திண்மக்கரைசலின் தனிமங்களும், வேதிக் கலவை அடைந்த கலப்பு உலோகத் தனிமங் களும் நேர்த்தியான கலவையாக மாற்றம் அடைதல் ஆகிய மாற்றங்களுக்கு உள்ளாகின்றன.

திண்மக் கரைசலாக மாற்றம் அடையும் கலவை யில் இரண்டு உலோகங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று நீரில் உப்புக்கலந்தாற்போல் கலந்து ஒரே படலமாகக் காணப்படும். ஒரே கலவையாக இருக்கும்போது இரண்டு தனித்தனியான படலங்கள் ஏற்பட்டு இருக் கும். திண்மக்கரைசலின் தனிமங்களும் சுத்தமான உலோகங்களின் தனிமங்களும் கலந்து ஒரே கலவை யாக இருக்கும்போது இரண்டு தனித்தனியான பட லங்கள் ஏற்பட்டு இருக்கும்.

கூட்டுப்பொருள், கலவைப் பொருள்களின் நேர்த் தியான கலவையின் பகுதிக்கும் மற்ற பகுதிப்பொருள் களுக்கும் இடையில் ஏற்படும் தளமானது படலம் ஆகும். இவ்வாறு உலோகக் கலவையில் ஏற்படும் படலங்கள் நிலைமை விதிக்கு உட்பட்டதாக இருக்கும்.

நிலைமை விதி

$$F = C - P + M$$

F (சு): கலவையின் தனிப்பட்ட அளவு எண்

C (பொ): கலவையில் கலந்து உள்ள பொருள் களின் எண்ணிக்கை

M (எ): கலவையைச் சூழ்ந்துள்ள தட்பவெப் பம், அழுத்தம் போன்ற சூழ்நிலை களின் எண்ணிக்கை.

P (ப): சம நிலையிலுள்ள நிலைகளின் எண் ணிக்கை.

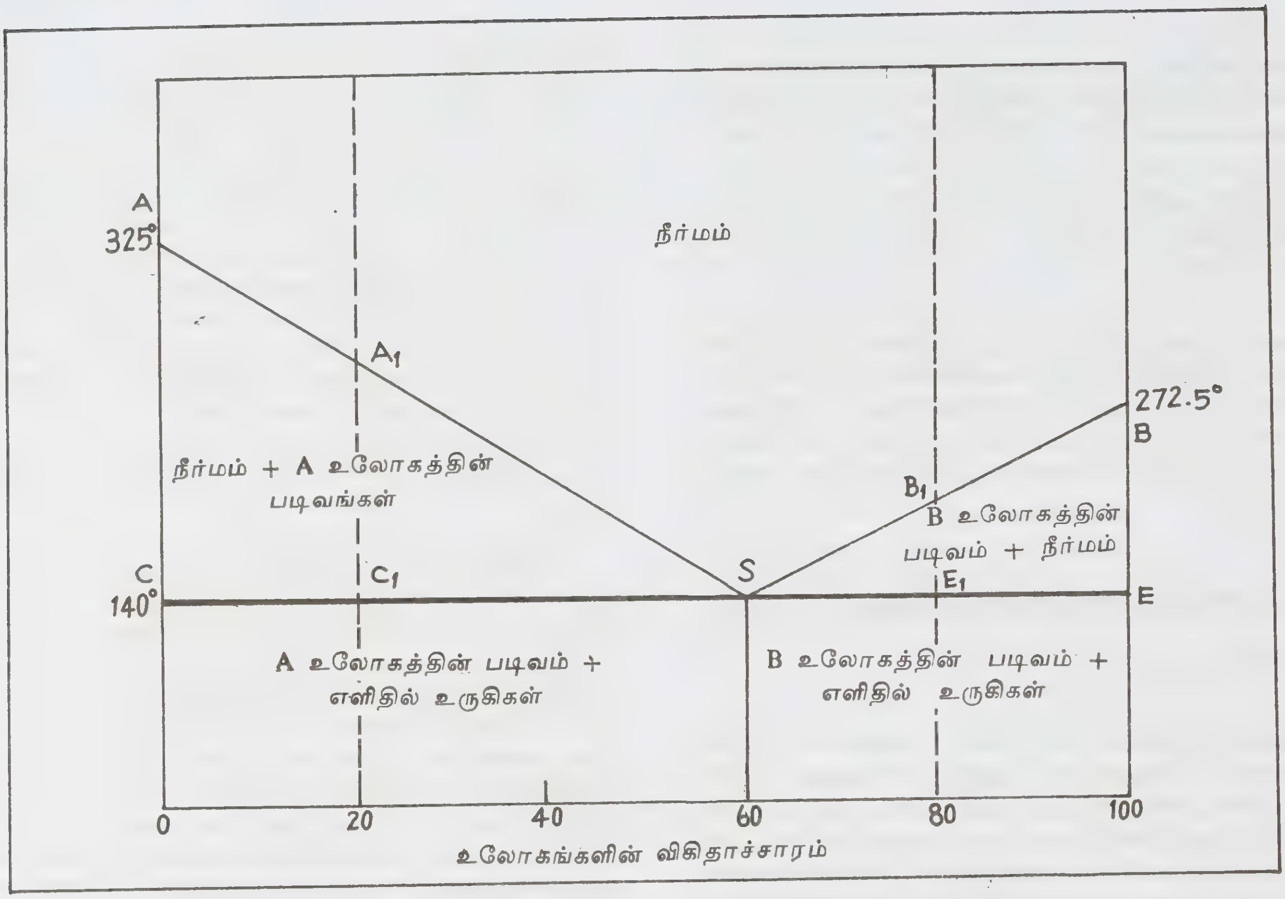
எளிதில் உருகி. இவ்வகைக் கலவைகளில் உள்ள இரு உலோகங்களும் நீர்ம நிலையில் இருக்கும்போது ஒன்றுடன் ஒன்று முழுதுமாக நேர்த்தியாகக் கலந்து ஒன்றாக உள்ள ஓர் உலோக நீர்மத்தைப்போல இருக்கும். ஆனால் திண்ம நிலையில் இருக்கும்போது குறிப்பிட்ட ஒரு விகிதத்தில் இரண்டும் கலந்து அதற்கு மேல் அதிகமாக உள்ள ஓர் உலோகத்தை மட்டும் தனிப்படுத்தி அதன் தனிமங்களும், எளிதில் உருகி களும் நேர்த்தியாகக் கலக்கப்பட்டகலவையான கலப்பு உலோகம் கிடைக்கும். இதனால் குறிப்பிட்ட விகிதத் தில் கிடைக்கும் எளிதில் உருகிகளின் உருகுநிலை இரண்டு தனித்தனி உலோகங்களின் உருகு நிலையை விடக் குறைவாக இருக்கும். அதனால்தான் அவை எளிதில் உருகிகள் (eutectic alloys) என்று குறிப்பிடப் படுகின்றன.

இந்த எளிதில் உருகிகளின் நிலைமை விதி எவ் வாறு இருக்கிறது என்பதை ஒரு சான்றால் அறிய லாம். எடுத்துக்காட்டாக உலோகம் **A**-யும், **B**-யும் கலந்துள்ள உலோகக் கலவை நீர்ம நிலையிலிருந்து திண்ம நிலைக்கு மாறும்போது (அதாவது உயர்ந்த வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர்ந்து குறைந்த வெப்ப நிலைக்கு வரும்போது) அதன் வெப்பநிலை **S** ஐ அடையும் (ஒரு நீர்மமும், இரண்டு திண்மப்படலங் களும் **A**, **B**) நிலைமை விதி

$$F = 2 - 3 + 1 = 0$$

A,**B** உலோகங்களில் ஏதாவது ஓர் உலோகம் எளிதில் உருகிகளின் விகிதத்தைவிட அதிகமாக இருந்தால், உறைய ஆரம்பிக்கும்போது அதிகமான விகிதத்தில் இருக்கும். **A** அல்லது **B** முதலில் உறைந்து திண்ம நிலைக்கு வந்து விடுகிறது. இதனால் இந்த அமைப்பில் தனிப்பட்ட சூழ்நிலையின் எண்ணிக்கை ஒன்றாக இருப்பதால் $F = 2 - 2 + 1 = 1$

இந்தச் சூழ்நிலைகளையும் வெவ்வேறு விகிதத் தில் கலந்துள்ள உலோகங்கள் **A**,**B** இன் வெவ்வேறு



A = காட்மியம் = B பிஸ்மத்

சூழ்நிலையில் உள்ள நிலைகளின் பண்புகளையும் கொண்டு வரைபடம் வரைந்தால் கீழ்க்காணும் வரைபடம் கிடைக்கின்றது.

படத்திலிருந்து தெளிவாகும் உண்மைகள். எடுத்துக் காட்டாக 80%A, 20%B கலந்துள்ள உலோகங்கள் நீர்ம நிலையிலிருந்து திண்ம நிலைக்குக் குளிர்விக்கப் படும்போது வரைபடத்திலுள்ள A,C கோடானது படத்தில் உள்ள படி A-S என்ற கோட்டில் அந்த விகிதத்தில் சந்திக்கிறது.

A_1 புள்ளியிலிருந்து C புள்ளி வரை வெப்பம் குறையும் வரை A உலோகமானது படிகமாக நீர்மக் கலவையில் படிகிறது. வெப்பம் குறையக் குறைய உலோகம் A படிகமாகப் படிந்து கொண்டே வருவ தால் கரைசலில் உலோகம் A-க்கும், B-க்கும் உள்ள விகிதம் மாறிக்கொண்டே வருகிறது. அந்த விகிதம் 60% - 40% ஆக மாறும்போது அதாவது 170°C வெப்ப நிலையை அடையும்போது எளிதில் உருகி உலோகக் கலவையானது படிகமாக மாறத் தொடங்கு கிறது. இந்த நீர்மத்திலிருந்து திண்மப் பொருள் மாற்றமானது சாதாரணமாக ஒரு தனி உலோகத்தின் திண்ம நீர்ம மாற்றத்தைப் போல நடைபெறுகிறது.

20%A, 80%B, கலந்த உலோகங்கள் நீர்ம நிலையிலிருந்து திண்ம நிலைக்குக் குளிர்விக்கப்படும் போது வரைபடத்திலுள்ள B,E கோடானது அதன் குளிர்விப்புத் தன்மையைக் காண்பிக்கிறது. இந்தக் கோடு B-S கோட்டைத் தொடும்வரை அது நீர்ம நிலையிலேயே குளிர்விக்கப்படுகிறது. அது B-S கோட்டைத் தொட்டவுடன் அந்தக் கலவையில் உள்ள உலோகம் மட்டும் படிகமாகப் படியத் தொடங்குகிறது. படிகமாக மாற மாறக் கலவையில் A உலோகத்திற்கும் B உலோகத்திற்கும் உள்ள விகிதம் மாறிக் கொண்டே வரும். அதாவது உலோகம் Bயின் விகிதம் குறைந்து கொண்டேயிருக்கும். உலோகக் கலவைகளின் விகிதம் எளிதில் உருகிகளின் விகிதத்தை அடையும்போது முன் கூறியபடி எளிதில் உருகிகளின் உலோகக் கலவையாகத் திண்மபொருளாக மாற்றம் அடைகிறது. ஆகவே மேற்கூறப்பட்ட இரண்டு கலவைகளின் முடிவில் கிடைக்கும் உலோகக் கலவை களில் எளிதில் உருகிகளும், அந்தக் கலவையில் கலந்துள்ள A அல்லது B உலோகத்தின் தனிமங்களின் உலோகக்கலவைகளின் திண்மப் பொருள் கலவை யாகக் கிடைக்கின்றன.

மேற்கூறப்பட்ட கலவையில் உள்ள உலோகக் கலவைகளின் விகிதமானது கீழ்க்காணுமாறு கணக்கிடப்படுகிறது.

B 20%, A 80% உள்ள கலவையில் A உலோகத்தின் திண்மநிலை விகிதம் (வரைபடத்திலிருந்து)

$$= \frac{C, S}{CS} = \frac{40}{60} = 66.67\%$$

எளிதில் உருகி உலோகக் கலவையில்
A உலோகத்தின் விகிதம்

$$= \frac{C, E}{S, E} = \frac{20}{60} = 33.33\%$$

மேற்கூறப்பட்ட முறைப்படி எளிதில் உருகிகளின் விகிதமும் தனி உலோகங்களின் விகிதமும் கணக்கிடப்படலாம். இதில் உள்ள உலோகக் கலவையில் எளிதில் உருகிகளின் உலோகக் கலவையுடன் உள்ள தனி உலோகப் படிகங்களையும் தனித்தனியாகப் பிரித்து எடுக்க முடியாது என்பது முக்கியமான குறிப்பாகும்.

- டி. நாகராஜ்

எளிய அக்கி

இது ஒரு வைரஸ் நோயாகும். பொதுவாக உடல் சீர்கெட்ட நிலையில், நாள்பட்ட நோயிலும், உடலின் எதிர்ப்பாற்றல் குறையும்போதும் ஹெர்பிஸ் வைரஸ் தாக்குகிறது. அரிதாகக் கொடிய சிக்கல்களைத் தோற்றுவிக்கும் இந்நோய் உடலின் எப்பகுதியையும் தாக்கலாம். பொதுவாக முகத்திலும் பிறப்புறுப்பிலும் காணப்படும் வெண்ணிறக் கொப்புளங்கள் குண்டூசித் தலை அளவு முதல் விதையளவு வரை காணப்படும். காய்ச்சல் மிகுதியால் பாதிக்கப்பட்டோரின் உதட்டிலும், வாய் ஓரங்களிலும் இக்கொப்புளங்கள் காணப்படும். இவ்வக்கி மீண்டும் மீண்டும் அதே இடத்தில் வரலாம்.

நோயின் தொடக்கத்தில் சூரிய வெப்பம், காற்று, குளிர் ஆகியவற்றால் எரிச்சல் உணர்வு தோன்றும். எளிய அக்கி தோன்றும் இடம் சிவந்து அரிப்புடன் காணப்படும். விரைவில் கொப்புளங்கள் தோன்றும். சில நாள்களில் இவை உலர்ந்து மஞ்சள் நிற வடு உண்டாகும். தழும்புகள் உண்டாவதில்லை. மாறாகச் சளிப்படலத்தில் வாயினுள் வரும் அக்கிக் கொப்புளத்தின் மேற்பகுதி உடைய, புண்கள் தோன்றி மிகுதியான வேதனை ஏற்படும். இந்த நிலை 7-14 நாள் வரை நீடிக்கலாம். புணர்ந்த ஒரு வாரத்திற்குள் பிறப்புறுப்புகளில் எர்ப்பீஸ் பொரிப்பு காணப்படும்.

ஹெர்பிஸ் ஹோமினிஸ் என்னும் வைரஸ் செவிலியர்களின் விரல்களைத் தாக்கித் தொற்றில்லா தோல் அடி அழற்சியை உண்டாக்கும். பிற நோய்க்குறிகள் ஏதுமில்லாமல் அடுத்துள்ள நிணநீர்க் கணுவீக்கத்தை வைத்து இதனைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

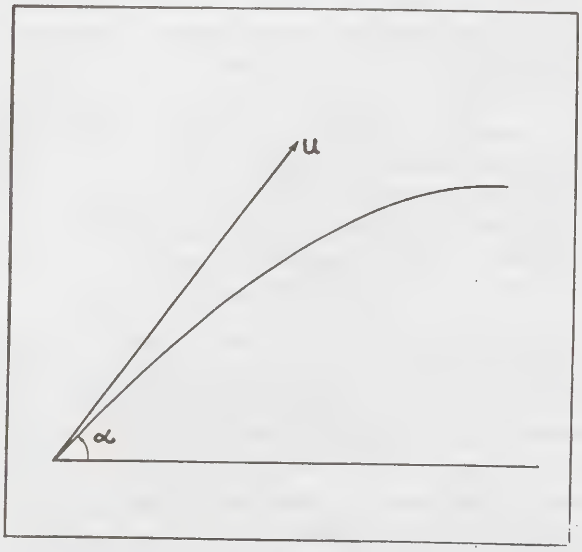
மருத்துவம். இதற்கெனத் தனி மருத்துவம் ஏதும் இல்லை. ஜெனிஷியன் வைலட் என்ற மருந்தைத் தடவலாம். சீழ் உண்டாக்கும் நுண்ணுயிர் தொற்றா வண்ணம் பாதுகாக்க வேண்டும். ஆரியோமைசீன் களிம்பு பயன் தரும். தீராத நோயில் நிணநீர் வேக்சின், சுய வேக்சீன், சுன்னத்து முறை, எத்தில் குளோரைடு தெளிப்பு ஆகியவை பயனளிக்கின்றன.

- அ. கதிரேசன்
- மா. ஃபிரெடரிக்ஜோசப்

எறிபொருள்

ஏதாவதொரு கோணத்தில் எறியப்படும் ஒரு துகள் எறிபொருள் (projectile) எனப்படும். புவியிலிருந்து எறியப்படும் எப்பொருளும் மீண்டும் புவியை வந்தடையும். புவிக்குச் செங்குத்தான நேர்கோட்டில் எறியப்படும் துகள் மீண்டும் அதே நேர்க் கோட்டில் கீழே விழும்.

ஓர் எறிபொருளின் மீது அதன் எடை மற்றும் காற்றின் தடை என இரு விசைகள் செயல்படும். புவிக்கு மேலே செல்லும் எந்த ஒரு பொருளின் மீதும் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையையே அதன் எடை



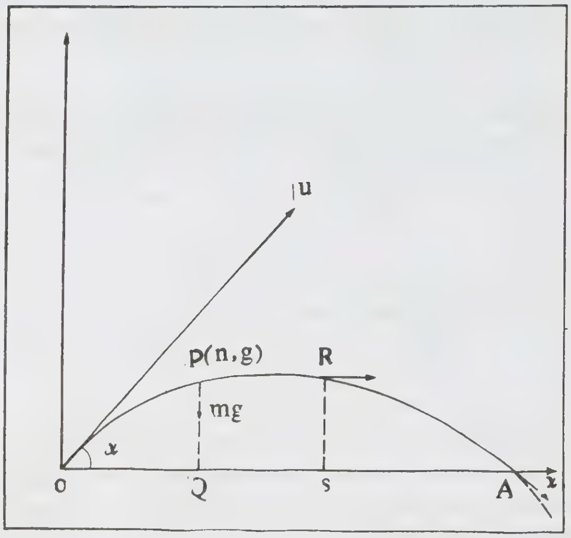
படம் 1.

என்பர். இவ்விசை புவியிலிருந்து பொருளின் உயரத்திற்கேற்ப மாறும் தன்மையுள்ளது. எனவே புவியிலிருந்து மிகு உயரம் செல்லாத எறிபொருளைப் பற்றி ஆராய்வதாகக் கொண்டால், எறிபொருளின் எடை மாறாத தன்மையுடையது எனலாம். m நிறையுள்ள ஒரு பொருள், புவியீர்ப்பு விசையினால் கீழ் நோக்கி வரும்போது அதன் முடுக்கம் g என்றால், அப்பொருளின் எடை mg ஆகும். எறிபொருளின் இயக்கத்தில் அதன் நிறை m ஒரு மாறிலி என்றும், புவியீர்ப்பு முடுக்கம் g ஒரு மாறிலி என்றும் கொள்ளலாம். எறிபொருளின் இயக்கம் வெற்றிடத்தில் நிகழுவதாகக் கொண்டால் காற்றின் தடையும் தவிர்க்கப்படுகிறது.

மேற்கூறிய இரு கட்டுப்பாடுகளுக்குட்பட்ட எறிபொருளின் இயக்கத்தைப் பற்றி விரிவாகக் காணலாம். ஒரு புள்ளியிலிருந்து கிடை அச்சுக்கு (horizontal axis) α எனும் கோணத்தை ஏற்படுத்தும் நேர்கோட்டில் ஒரு துகள் எறியப்படும் போது, அத்துகள் அந்த நேர்கோட்டிலேயே செல்லுவதில்லை. அப்புள்ளியிலிருந்து புறப்பட்டவுடன் அதன்மீது புவியீர்ப்பு விசை செயல்படுவதால், அத்துகள் கீழ்நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக அப்பாதை ஒரு வளைவரையாக (curve) அமைகிறது. அந்த வளைவரை எறிபொருள் பாதை (trajectory) எனப்படும். துகள் எப்புள்ளியிலிருந்து எறியப்படுகிறதோ, அப்புள்ளியை எறிபுள்ளி என்பர். எறிபொருளின் பாதைக்கு எறிபுள்ளியில் வரையப்படும் தொடுகோடுதான் கிடை அச்சுடன் α கோணத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இக்கோணத்தை எறிகோணம் என்பர்.

எறிபொருளின் இயக்கம் இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஆராயப்படுகிறது. அவை கிடைக்கூறு நிலைக்குத்துக் கூறு (horizontal and vertical component) எனப்படும். எறிபொருளின் மீது செயல்படும் ஓரேவிசை நிலைக்குத்துத் திசையில் அமைந்த அதன் எடை ஆகும். இதனால் துகளின் இயக்கத்தின் கிடைக்கூறு எவ்வித மாற்றமும் அடையாது. எனவே எறிபொருளின் வேகத்தில் கிடைக்கூறு அந்த இயக்கம் முழுமைக்கும் ஒரே சீராக இருக்கும். அவ்வமயம் வேகத்தின் நிலைக்குத்துக்கூறு புவியீர்ப்பு விசை செயல்படுவதால் மாறிக்கொண்டே இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 0 என்ற புள்ளியிலிருந்து கிடை அச்சுக்கு α எனும் கோணத்தில், u வேகத்தில் எறியப்படும் ஒரு துகள், t நேரத்தில் p என்னும் புள்ளியை அடைவதாகக் கொள்ளலாம். எறிபுள்ளியில் திசைவேகத்தின் கிடைக்கூறு u cos α மற்றும் நிலைக்குத்துக் கூறு u sin α ஆகும். மேற்கூறியபடி u cos α மாறாதத் தன்மை உடையது. எறிபொருளின் இயக்கத்தில் t நேரத்தில் கடந்து சென்ற கிடைத் தொலைவு OQ அகும்.



படம் 2.

எனவே $OQ = (u \cos\alpha) \times t$

இதேபோல் t நேரத்தில் துகளின் உயரம் PQ ஆகும். எனவே, $PQ = (u \sin \alpha)\, t - \frac{1}{2} gt^2$

P-இன் அச்சுத் தொலைவுகளை (x,y) என்றால், இச்சன்பாடுகள்

$$x = (u \cos \alpha)t$$

$$y = (u \sin \alpha)t - \frac{1}{2} gt^2$$

என மாறும். இவற்றிலிருந்து t ஐ நீக்கினால்,

$$g = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2u^2 \cos^2 \alpha}$$ என்ற பாதையின்

சமன்பாடு கிடைக்கும். இது ஒரு பரவளையமாகும், எனவே எறிபொருளின் பாதை ஒரு பரவளையமாக அமையும் எனக் காணலாம். எறிபொருளின் மீண்டும் கிடை அச்சைச் சந்திக்கும் புள்ளியை A எனலாம். D,A ஆகிய இரு புள்ளிகளும் ஒரே அச்சில் அமைந்து உள்ளன. D இல் துகளின் பாதைக்கு வரையப்படும் தொடுகோடு α என்ற கோணத்தை ஏற்படுத்தினால், A இல் எறிபொருளின் பாதைக்கு வரையப்படும் தொடுகோடும் α என்ற கோணத்தையே ஏற்படுத்தும். மேலும் துகளின் வேகத்தின் கிடைக்கூறு மாறாததால், ஒரே கிடை அச்சில் அமைந்துள்ள இவ்விரு புள்ளிகளிலும் எறிபொருளின் வேகமும் சமமாகவே இருக்கும். இதிலிருந்து ஒரு துகள் ஒரு புள்ளியிலிருந்து எந்தவொரு கோணத்தில் எந்தவொரு வேகத்தில் எறியப்பட்டாலும், அப்புள்ளி வழியே செல்லும் கிடைத்தளத்தை அத்துகள் மீண்டும் அதே

கோணத்தில் அதே வேகத்தில் தாக்கும் என அறியலாம். இத்தகைய எறிபொருளின் இயக்கத்தின் சில அடிப்படைப் பண்புகள் பின்வருமாறு:

எறிபொருள் அடையும் மீப்பெரு உயரம். எறிபொருள் மீப்பெரு உயரத்தை அடையும்போது அதன் திசைவேகம் கிடைத் திசையிலேயே அமைந்துள்ளது. அதாவது திசைவேகத்தின் நிலைக்குத்துக் கூறு சுழியாகும். அப்பொழுது அதன் உயரம் h என்றால் $O = (u \sin\alpha)^2 - 2gh$ எனக் கிடைக்கும். எனவே, $h = \frac{u^2 \sin^2\alpha}{2g}$ என்பது எறிபொருளின் பாதையின் மீப்பெரு உயரமாகும்.

மீப்பெரு உயரத்தை அடைவதற்கான காலம். O-விலிருந்து புறப்பட்ட துகள் Rஎன்ற மீப்பெரு உயரத்திலுள்ள புள்ளியை அடைவதற்கான காலத்தை T என்றால்,

$O = u \sin\alpha - IT$ என அறியலாம்.

எனவே $T = \frac{u \sin\alpha}{g}$ என்பது மீப்பெரு உயரத்தை அடைவதற்கான காலத்தைக் குறிக்கும்.

பறக்கும் காலம். O-விலிருந்து புறப்பட்ட துகள் அப்புள்ளி வழியே செல்லும் கிடைத் தளத்தை மீண்டும் A இல் தாக்கும் வரையான காலத்தைப் பறக்கும் காலம் எனலாம். எறிபொருளின் பாதை RS என்ற மீப்பெரு உயரத்திற்கான அச்சைச் சார்ந்து சமச்சீராக இருப்பதால் அதன் பறக்கும் காலம் என்பது மீப்பெரு உயரத்தை அடைவதற்கான காலத்தைப் போன்று இருமடங்காகும். எனவே, பறக்கும் காலம் $\frac{2u \sin \alpha}{g}$ ஆகும்.

வீச்சு எல்லை. எறிபொருள் பறந்து சென்ற காலத்தில் கடக்கும் OA என்ற கிடைத் தொலைவே அதன் வீச்செல்லை எனப்படும்.

$$OA = \frac{2u \sin \alpha}{g} u \cos\alpha$$

(ஏனெனில் இக்காலம் முழுதும் எறிபொருளின் வேகத்தில் கிடைக்கூறு ஆகும்).

எனவே, வீச்செல்லை $= \frac{u^2 \sin 2\alpha}{g}$ ஆகும்.

மீப்பெரு கிடை அச்சு எல்லை. u என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் பல கோணங்களில் ஒரு துகள் எறியப்படும்போது, எப்பொழுது அது மீப்பெரு கிடை வீச்செல்லையைப் பெறும் என்பதைக் காண வேண்டும்,

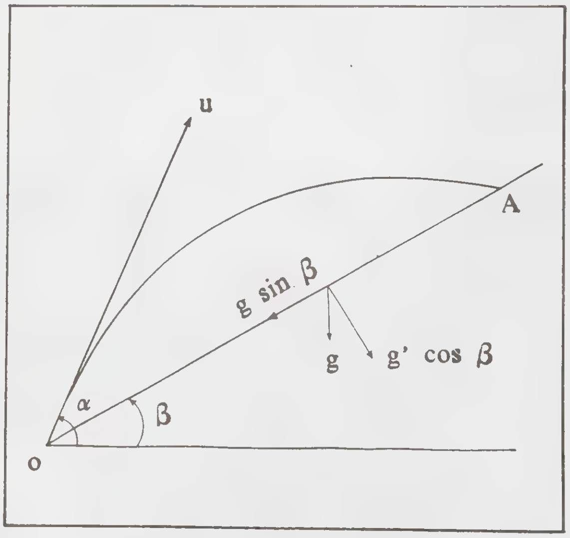
வீச்சு எல்லை $= \frac{u^2 \sin 2\alpha}{g}$ ஆகும். இதில் u மற்றும் g இரண்டும் மாறிலிகள். எனவே, வீச்செல்லையின் மீப்பெரு மதிப்பு $\sin 2\alpha$ இன் மீப்பெரு மதிப்பைச் சார்ந்ததாகும். ஆனால் $\sin 2\alpha$ இன் மீப்பெரு மதிப்பு $= 1$.

அதாவது $2\alpha = 90°$

எனவே $\alpha = 45°$

கிடை அச்சுடன் 45° கோணத்தில் எறியப்படும் ஒரு துகள் அந்தக் குறிப்பிட்ட திசைவேகத்திற்கான மீப்பெரு கிடை வீச்சலையைப் பெறும் என அறிய முடியும்.

சாய்தளத்தின் மேல் எறிபொருளின் இயக்கம். இறுதியாக β கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள ஒரு தளத்தின் மீது எறியப்படும் ஒரு துகளின் இயக்கம் படம் 3 இல் காட்டியபடி அமைந்துள்ளது. கிடை அச்சுடன் α எனும் கோணத்தை ஏற்படுத்துமாறு எறியப்படும் ஒரு துகள், சாய் தளத்துடன் $[\alpha-\beta]$ என்ற கோணத்தை உண்டாக்குகின்றது.



படம் 3.

எனவே மேலே காணப்படும் சமன்பாடுகளில் α வுக்குப் பதிலாக $(\alpha-\beta)$ ஐ நிரப்பினால், எறிபொருளின் பறக்கும் காலம் $\frac{2u \sin (\alpha-\beta)}{g \cos \beta}$ எனவும் சாய் தளத்தின் மேல் வீச்செல்லை $\frac{2u^2 \cos \alpha \sin (\alpha-\beta)}{g \cos^2 \beta}$ எனவும் அறியலாம். இங்கு, சாய்தளத்திற்கு நிலைக்குத்துத் திசையில் புவியீர்ப்பு முடுக்கம் $g \cos \beta$ ஆகும்.

- ச. கோவிந்தராஜ்

எறிபொருள் பாதை

வீசப்பட்ட ஒரு பொருள் பயணம் செய்யும் பாதை எறிபொருள் பாதை (trajectory) எனப்படும். வானத்தில் சீறிப்பாயும் விண்கற்கள், சூரியனைச் சுற்றி வருகிற கோள்கள், பீரங்கியிலிருந்து வெளிப்பாயும் குண்டுகள், விண்ணில் பறக்கும் ஏவுகணைகள் போன்ற பொருள்களின் பயணப்பாதைகளை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். பொதுவாக நிறையீர்ப்புப் புலத்தில் இயங்கும் ஒரு பொருளின் பயணப் பாதை அதன் இயக்க ஆற்றலைப் பொறுத்து நீள் வட்டம், அதிபரஹப்பர் வளையம் அல்லது பரவளையம் போன்ற கூம்பு வடிவத்திலேயே அமைகின்றது. தரையிலிருந்து ஏவப்படுகிற ஒரு பீரங்கிக் குண்டு அல்லது ஏவுகணையின் பாதை புவியின் மையத்தை ஒரு குவியமாகக் கொண்ட நீள்வட்டப்பகுதியாக இருக்கும். அவை குறைந்த உயரமே செல்வனவாக இருந்தால், புவியீர்ப்பினால் ஏற்படும் விளைவு மாறிலியாக இருக்குமாதலால், அவற்றின் பாதையைத் தோராயமாகப் பரவளைய வடிவமுள்ளதாகவே வைத்துக்கொள்ளலாம்.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

எறிமுறை பொறித்தல்

உருவாக்கப்பட்ட உலோகப் பகுதிகளும், பாளங்களும், எந்திரங்களால் வடிவமைக்கப்பட்ட பின் சுத்தமான மேற்பரப்பைப் பெறுவதற்குப் பல வழிமுறைகள், உள்ளன. சில சமயம், பிசிறுகளை நீக்கிச் சுத்தம் செய்வதற்கு ஏதுவான அல்லது இலகுவான வடிவத்தை உலோகப் பகுதிகள் பெற்றிருப்பதில்லை. உளிகள் கொண்டோ எந்திரங்களில் பொருத்தியோ இவ்வேலையை, அதாவது இறுதிப் பூச்சைச் செய்ய இயலாது. அல்லது அவ்வேலையில், பொருளின் வடிவம் செதுக்கும் உளிகளை நுணுக்கமான பகுதிகளில் கொண்டு செல்வதற்கு இடையூறாகவோ ஏற்ற அமைப்பின்றியோ இருக்கலாம். மேலும் சில சமயங்களில் மிக நுண்ணிய அளவில் சில பகுதிகளின் அளவீடுகளைக் குறைக்க நேரிடலாம். இவ்வாறான சமயங்களில் உலோகப் பகுதிகள் வசதிக்கேற்றவாறு ஒரு கூட்டுள் தொங்கவிடப்பட்டு அவற்றின் மேற்பரப்புகளில் மிகச் சிறிய எஃகு பந்துகள் அல்லது குண்டுகள் விசையுடன் எறியப்படும். இவ்வாறு மோதும் சிறு குண்டுகள் வெட்டுளிபோல் இயங்கும். இவ்வாறு எறியப்படும் குண்டுகளின் தாக்குதல் வேலைப் பகுதிகளை நெகிழ்வுடன் உருமாறச் செய்கிறது. இதனால் மிக நுண்ணிய அளவில், 10^{-1} அங்குல அளவில் உலோகப்பரப்புகள் தூய்மை செய்யப்படுகின்றன. இம்முறையில் எஞ்சிய அழுத்தத் தகைவுகள் (residual compression stress) ஏற்பட்டு, தளர்ச்சி முறிவுகளுக்கு ஏற்றவாறு எதிர்ப்புத் தன்மை பெற்று, உலோகம் மேம்படுத்தப்படுகிறது. வெப்பப் படுத்தப்படா நிலையில் உலோகப் பகுதிகள் உருவாக்கப்படுவதால் மேற்பரப்பில் திண்மை அல்லது கடினத்தன்மை அதிகரிக்கிறது. ஊதுலை மூலம் அழுத்தப்பட்ட காற்று, மையவிலக்கு விசையினால் மிகுதிசைவேகத்தில் குண்டுகளை எறிகிறது. இவ்வாறு அனைத்துத் திசைகளிலும் தாக்கும் குண்டுகளே உளிகளாகப் பயன்பட்டு உலோகப் பகுதி இறுதி வடிவம் பெற இயக்கத்தைச் சீராக நடத்துகின்றன.

- கே.ஆர். கோவிந்தன்

எறும்பு

நிலவாழ் விலங்குகளிலேயே எறும்புகளே அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படுகின்றன. எறும்புகளில் ஏறக்குறையப் பத்தாயிரம் சிறப்பினங்கள் உள்ளன. எறும்புகளின் புதைபடிவங்கள் இன்றைக்கு ஏறக்குறைய நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட கிரெட்டேசிய காலப் படிவுகளில் காணப்படுகின்றன.

புற அமைப்பு. எறும்புகளின் உடல் நீளம் 1.மி.மீ. 4செ.மீ வரை வேறுபடுகிறது. இவற்றின் நிறம் மஞ்சள் பழுப்பு, சிவப்பு, கறுப்பு என இனத்துக்கேற்ப வேறுபடுகிறது. உடல் மென்மையாகவோ, நுண் மயிர்களுடனோ, நுண்முள்களுடனோ, முடிச்சுப் போன்ற அமைப்புகளுடனோ காணப்படும். தலை, மார்பு, வயிறு என மூன்று பகுதிகளாக உடல் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

தலை பெரியது, எளிதில் அசையக் கூடியது. முன்முனையில் உள்ள ஓர் இணை உணர்கொம்புகள் (antennae) ஆண் எறும்புகளில் நேராகவும் பெண் எறும்புகளில் வளைந்தும் காணப்படுகின்றன. தலையில் ஓர் இணைக் கூட்டுக் கண்களும் (compound eyes) மூன்று புள்ளிக் கண்களும் (ocelli) அமைந்துள்ளன. தொழிலாளி எறும்புகளில் புள்ளிக் கண்கள் இல்லை. மெல்லும் வகை வாயுறுப்புகள் நன்கு வளர்ச்சியடைந்துள்ளன. பொதுவாக வெட்டுத்தாடைகள் நன்கு வளர்ச்சியடைந்தும் கீழுதடு குறைவுற்றும் காணப்படுகின்றன.

மார்புப் பகுதியுடன் முதல் வயிற்றுக் கண்டம் இணைந்துள்ளது. நன்கு வளர்ச்சியடைந்த மூன்று இணைக்கால்கள் மார்புப் பகுதியுடன் இணைந்துள்ளன. கால்களின் டிபியப் பகுதியுடன் இணைந்துள்ள குறுமுள்கள் (spurs) உணர்கொம்புகளைத் தூய்மைப்படுத்துவதற்குப் பயன்படுகின்றன. ஐந்து கணுக்களையுடைய டார்சஸ் கிடுக்கி முனையுடையது. மார்புப் பகுதியில் இரண்டு இணை மெல்லிய இறக்கைகள் உள்ளன. முன் இறக்கைகள் பின் இறக்கைகளை

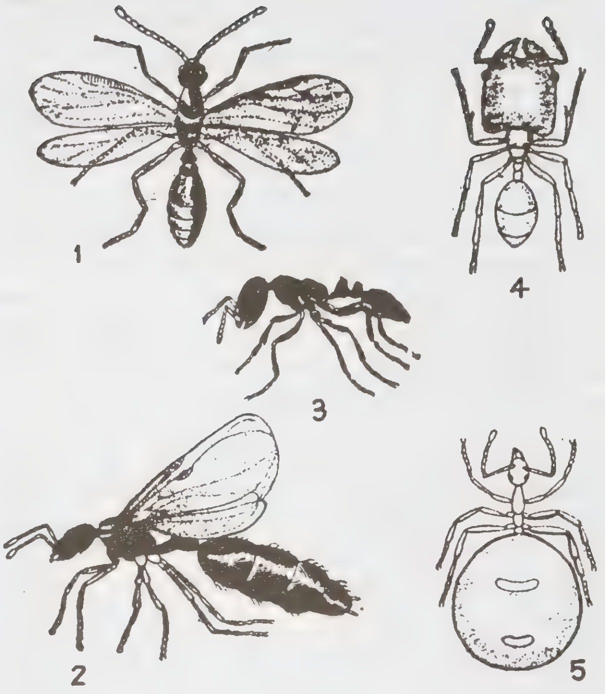
விடப் பெரியவை. எறும்புச் சமுதாயத்தின் சில பிரிவுகளைச் சேர்ந்த எறும்புகளில் மட்டுமே இறக்கைகள் காணப்படுகின்றன. எறும்புகள் பறக்காத போது அவை முதுகின்மேல் படிவாக மடித்த நிலையில் வைக்கப்படுகின்றன.

வயிற்றுப் பகுதி, பெடிசல் அல்லது பீட்டியோல் எனப்படும் முன் பகுதியையும் கேஸ்ட்டர் என்னும் பின் பகுதியையும் உடையது.

இருப்பிடம். எறும்புகளுள் சில இனங்கள் கூடு கட்டுவதில்லை. இவை கற்கள், மரத்துண்டுகள், இலைகள் சருகுகளுக்கடிப்புறம் இவற்றில் வாழ்கின்றன. பெரும்பாலான எறும்புகள் ஃபார்மிக் கேரியம் என்னும் தரையடிப் புற்றுகளை அமைத்து வாழ்கின்றன. இந்தத் தரையடிப் புற்று ஏறக்குறைய 1.5 மீட்டர் நீளமுடையது. இதற்குச் சில நுழைவாயில்களும் பல அறைகளும் உள்ளன. அறைகளுக்கிடையே இடைவழிகள் உள்ளன. நுழைவாயில்களைச் சுற்றி மண் குவியல்கள், இலைகள், வைக்கோல் ஆகியவற்றைக் காணலாம் அறைகள் தானியக் கிடங்குகளாகவும் இளம் எறும்புகளின் வளர்ப்பிடமாகவும் அரசி எறும்பின் இருப்பிடமாகவும் பயன்படுகின்றன. ஒரு தரையடிப் புற்றில் சில ஆயிரம் எறும்புகள் முதல் ஐம்பதாயிரம் எறும்புகள் வரை வாழ்கின்றன. சில வகை எறும்புகள் உயிருள்ள தாவரங்களை வெட்டியும் தாவரச் சருகுகளைக் கொண்டும் கூடுகளை அமைக்கின்றன. இவ்வாறான கூடுகள் மரப்பொந்துகளிலும் கிளைகளின் கவைகளிலும் இலைக் கூட்டத்திற்கிடையிலும் அமைக்கப்படுகின்றன; அல்லது இவை மரத்திலிருந்து தொங்க விடப்படுகின்றன. இந்தத் தொங்கும் கூடுகள் சேறு, நூலிழைகள், உமிழ்நீர், தாவரப் பகுதிகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு செய்யப்படுகின்றன. சில எறும்புகள் இலைகளைச் சுருட்டி அவற்றின் மருங்குகளைப் புழுப் பருவத்திலுள்ள எறும்புகள் சுரக்கும் நூலிழைகளைக் கொண்டு ஒட்டி அவற்றில் வாழ்கின்றன.

சமுதாய வாழ்க்கை. அனைத்து வகை எறும்புகளும், கூடி வாழும் சமுதாய வாழ்வை மேற்கொண்டவை. ஒரு குடியிருப்பு அல்லது கூட்டிருப்பில் வாழும் எறும்புகளின் எண்ணிக்கை சில இனங்களில் குறைவாகவும் சிலவற்றில் ஏறக்குறைய ஒரு கோடி வரையிலும் இருக்கும். எறும்புச் சமுதாயத்தில் புறத்தோற்றத்தில் வேறுபடும் 12 வகைகளுக்கு மேல் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இவை நான்கு முக்கிய பிரிவுகள் அல்லது இனங்களாகப் பரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை அரசி எறும்புகள், அரச ஆண் எறும்புகள், தொழிலாளி எறும்புகள், போராளி எறும்புகள் எனப்படும்.

அரசி எறும்புகள் மற்ற எறும்புகளைவிட உருவில் பெரியவை. இவற்றில் இனப்பெருக்க உறுப்புகள் நன்கு வளர்ச்சியடைந்துள்ளன; இரண்டு இணை இறக்கைகள் உள்ளன. இனச்சேர்க்கைக்குப் பின்னர் இறக்கைகள் உதிர்ந்து விடும். குடியிருப்பிலுள்ள எறும்புகளின் எண்ணிக்கையைப் பெருக்குவதற்காக முட்டையிடுவதே அரசி எறும்புகளின் வேலை. இவை 15-30 ஆண்டுகள் வரை வாழ்கின்றன. ஒரு குடியிருப்பில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அரசி எறும்புகள் காணப்படலாம். அரசி எறும்புகளில் பெரிய அரசி எறும்புகள் சிறிய அரசி எறும்புகள் என இரண்டு வகை உண்டு.



எறும்புப் பிரிவுகள்

1. ஆண் எறும்பு 2. அரசி எறும்பு 3. தொழிலாளி எறும்பு 4. போராளி எறும்பு 5. ரிப்ளீட்டு

அரச ஆண் எறும்புகள் இனப்பெருக்க ஆற்றலுடையவை. இவற்றிலும் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த இனப்பெருக்க உறுப்புகள் காணப்படுகின்றன. இவை அரசி எறும்புகளையும் போராளி எறும்புகளையும் விடச் சிறியவை. ஆனால் தொழிலாளி எறும்புகளை விடப் பெரியவை. இவற்றில் இரண்டு இணை இறக்கைகளும் குறைவுற்ற வெட்டுத்தாடைகளும் உள்ளன. இவற்றிலும் பெரிய ஆண் எறும்பு, சிறிய ஆண் எறும்பு என இரண்டு வகை உண்டு.

தொழிலாளி எறும்புகள் இனப்பெருக்கத் திறனற்ற பெண் எறும்புகளாகும். இவை மற்ற அனைத்து வகை எறும்புகளையும் விட உருவில் சிறியவை. இவற்றுக்கு இறக்கைகள் இல்லை. இவற்றின் வெட்டுத்தாடைகள் குறைவுற்றும் கண்கள் சிறுத்தும் காணப்படுகின்றன. தொழிலாளி எறும்புகள் கூடுகளைக்

கட்டுதல், பழுது பார்த்தல், உணவைத் திரட்டிச் சேமித்தல், அரசி எறும்புகளுக்கும் இளவுயிரிகளுக்கும் உணவு கொடுத்தல் ஆகிய பணிகளைச் செய்கின்றன. பொதுவாக, தொழிலாளி எறும்புகளில் சிறிய தொழிலாளி எறும்புகள் பெரிய தொழிலாளி எறும்புகள் என இரண்டு வகை காணப்படும். சில இனங்களில் பல வகையான தொழிலாளி எறும்புகள் உள்ளன.

போராளி எறும்புகள் சற்றே மாற்றமடைந்த தொழிலாளி எறும்புகளேயாகும். இவை அரசி எறும்புகளை விடச் சற்றுச் சிறிய உருவமுடையவை. இவற்றுக்கு இறக்கைகள் கிடையா. இவை பெரிய தலையும், பெரிய விதை, கனி இவற்றை உடைக்க வல்ல உறுதியான வெட்டுத் தாடைகளும் உடையவை. இவை குடியிருப்பை எதிரிகளிடமிருந்து காக்கின்றன.

இனப்பெருக்கப் பறத்தல். ஆண்டின் குறிப்பிட்ட பருவத்தில் பொதுவாக மழைக்காலங்களில் முழு வளர்ச்சியடைந்த இறக்கையுள்ள அரசி எறும்புகளும் ஆண் எறும்புகளும் கூட்டை விட்டு வெளியேறிப் பறக்கத் தொடங்குகின்றன. இது இனப் பெருக்கப் பறத்தல் எனப்படுகிறது. பொதுவாக வெவ்வேறு குடியிருப்புகளைச் சேர்ந்த எறும்புகள் ஒரே நேரத்தில் பறப்பதால் இவற்றுக்கிடையில் கலப்பு இனப்பெருக்கம் நடைபெறும் வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. பறந்துகொண்டிருக்கும்போதே இனச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. பின்னர் ஆண் எறும்புகள் இறந்து விடுகின்றன. அரசி எறும்புகள் தங்கள் சொந்தக் குடியிருப்பை நாடிச் செல்கின்றன அல்லது புதிய இடங்களை நாடிச் சென்று புதிய குடியிருப்புகளை உருவாக்குகின்றன. இனப்பெருக்கப்பறத்தலின்போது பறவை, ஓணான், தேரை போன்றவை பெரும் பாலான எறும்புகளைப் பிடித்து உண்ணுகின்றன.

புதிய குடியிருப்பு உருவாக்கப்படுதல். இனச்சேர்க்கை முடிந்து தரையில் இறங்கும் அரசி எறும்பு தனியாகவோ மேலும் சில அரசி எறும்புகளுடன் சேர்ந்தோ புதிய குடியிருப்பை உருவாக்கும் முயற்சியில் ஈடுபடுகிறது. அரசி எறும்பு அதன் இறக்கைகளை உதிர்த்துவிட்டுத் தகுந்த இடத்தைத் தேடித் தரையில் வளை தோண்டுகிறது. இந்த வளையின் முடிவில் உட்புறமாக ஓர் அறை உள்ளது. பிறகு அரசி எறும்பு வளையின் நுழைவாயிலை அடைத்துவிட்டு ஓய்வெடுத்துக்கொள்கிறது. அப்போது அதன் பறக்குந் தசைகள் சிதைந்து கொழுப்புத் திரள்களாக மாற்றமடைகின்றன. பிறகு அரசி எறும்பு முட்டையிடுகிறது. முட்டைகள் பொரிந்து இளவுயிரிகள் (larvae) வெளிவருகின்றன. இந்த இளவுயிரிகளுக்கு அரசி, தன் உமிழ்நீரையும் கொழுப்புத் திரள்களையும் உணவாகத் தருவதால் அவை விரைவாக வளர்ச்சியடைகின்றன. உணவுப் பற்றாக்குறை ஏற்படும் போது அரசி தன் முட்டைகளையே உணவாகக் கொள்வதுண்டு. பொதுவாக அரசி எறும்பு ஒரு இளவுயிரிக்கு முன்னுரிமையளித்து அதிக உணவைக் கொடுத்து அதை வெகுவேகமாக வளரச் செய்து தனது உதவியாளாகச் செயல்பட வைக்கிறது.

இனச்சேர்க்கை கோடைக்காலத்தின் பிற்பகுதியில் நடைபெறுமானால் இளவுயிரிகள் இளம் பருவத்திலிருக்கும்போது குளிர்காலம் தொடங்கி விடுவதால் அரசியும் இளவுயிரிகளும் ஏற்ற காலம் வரும்வரை குளிர் கால உறக்கம் (hibernation) மேற்கொள்கின்றன. சில எறும்பு இனங்களில் இளவுயிரிகள் தம்மைச் சுற்றி ஒரு புழுக் கூட்டை உருவாக்கிக் கொண்டு கூட்டுப்புழுக்களாக மாற்றமடைகின்றன. இவை முழுவளர்ச்சியடைந்த பின்னர் தாய் எறும்பு அவற்றைப் புழுக் கூட்டிலிருந்து விடுவிக்கிறது. இவை வளர்ந்து தொழிலாளி எறும்புகளாகப் பணிபுரியத் தொடங்குகின்றன. சில இனங்களில் கூட்டுப் புழுக்களைச் சுற்றிப் புழுக்கூடுகள் உருவாக்கப்படுவதில்லை.

முதல் தலைமுறைத் தொழிலாளி எறும்புகள் தரையின் மேற்பரப்புக்கு வந்து உணவைத் தேடிச் சேகரித்து அரசிக்கு அளிக்கின்றன. இவை, தாம் உண்ட உணவை உமிழ்ந்து அரசிக்கு ஊட்டுகின்றன. அரசி எறும்பு மீண்டும் முட்டையிட்டுப் பல புதிய தலைமுறைகளை உருவாக்குகிறது. தொழிலாளி எறும்புகள் இளம் எறும்புகளுக்கு உணவளித்துப் பேணிக் காக்கின்றன. நாள் செல்லச் செல்லத் தொழிலாளி எறும்புகளின் எண்ணிக்கை பெருகுகிறது. குடியிருப்பு உருவாகிய சில காலத்தில் போராளி எறும்புகள் தோன்றுகின்றன. இறுதியாகப் புதிய அரசி எறும்புகள் தோன்றுகின்றன. தொழிலாளி எறும்புகள் பொதுவாக மலடாக இருந்தாலும் ஏதாவதொரு தொழிலாளி எறும்பு எப்போதாவது முட்டையிட்டு அரச ஆண் எறும்பையோ தொழிலாளி எறும்பையோ தோற்றுவிப்பதுண்டு. தொழிலாளி எறும்புகள் அவ்வப்போது குடியிருப்பைத் தகுந்த இடங்களுக்கு மாற்றியமைத்து அரசி எறும்பையும் இளம் எறும்புகளையும் இளவுயிரிகளையும் புதிய இடத்திற்குக் கொண்டு செல்கின்றன.

பொதுவாக, தனியாகப் புதிய குடியிருப்பை உருவாக்குவதில் ஈடுபடும் அரசி எறும்பு பல இடையூறுகளுக்கு ஆளாகிறது. குளிர்ச்சியான தட்பவெப்ப நிலை நிலவும் பகுதிகளில் இனச்சேர்க்கை முடிந்த பின்னர் அரசி எறும்பு அது பிறந்த குடியிருப்புக்கே திரும்பி வந்து இனப்பெருக்கம் செய்து குடியிருப்பின் உறுப்பினர் எண்ணிக்கையை அதிகரிக்கிறது. சில இனங்களில் அரசி எறும்பு அதே இனத்தைச் சேர்ந்த புதிய குடியிருப்பை நாடிச் செல்கிறது. புதிய குடியிருப்பிலுள்ள தொழிலாளி எறும்புகள் புதிய அரசியின் சேய்களுக்கும் ஏற்கனவே உள்ள அரசியின் சேய்களுக்கும் பணிவிடை செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஐரோப்பாவில் காணப்படும் இரண்டு வகை

எறும்புகள் ஒன்று சேர்ந்து கலப்புக் குடியிருப்பை உருவாக்குகின்றன. போத்ரியோமிர்மெக்ஸ் டிக்கேப் பிட்டன்ஸ் (*Bothriomyrmex decapitans*) என்னும் இனத்தைச் சேர்ந்த அரசி எறும்பு டார்பினோமா நைஜெரிமம் (*Torpinoma nigerimum*) என்னும் எறும்பின் குடியிருப்புக்குள் புகுந்து அங்கு ஏற்கனவே வாழும் அரசியின் தலையைத் துண்டித்துக் கொன்று விடுகிறது. பின்பு தொழிலாளி எறும்புகள் புதிய அரசியின் சேய்களைப் பேணுகின்றன. சில இனங்களில் புதிதாக வரும் அரசி எறும்பின் தூண்டுதலால் தொழிலாளி எறும்புகள் ஏற்கனவே வாழும் அரசி எறும்பைப் புறக்கணித்து ஒதுக்கிவிடுகின்றன.

எறும்புகளின் நடத்தை. இளைய தொழிலாளி எறும்புகள் மூத்த தொழிலாளி எறும்புகளிடம் பயிற்சி பெற்றுப் பணிபுரியத் தொடங்குகின்றன. முதலில் இவை குடியிருப்பின் சுற்றுப்புறத்தை அறிந்து கொள்கின்றன. இடையில் வழிதவறிவிட்டால் பட்டறிவு மிக்க எறும்புகள் அவற்றைக் குடியிருப்புக்கு அழைத்து வந்து சேர்க்கின்றன. சில இளம் எறும்புகள் வேலைகளை விரைவில் கற்றுக்கொண்டு குடியிருப்பின் முக்கிய பணிகளைச் செய்கின்றன. இவற்றைக் குடியிருப்பிலிருந்து வெளியேற்றிவிட்டால் குடியிருப்பே செயலிழந்து விடுகிறது.

எறும்புகளின் இயக்கம் அவற்றின் மரபு வழி வந்த உள்ளுணர்வால் தூண்டப்படுகிறது என உயிரியலறிஞர்கள் கருதுகின்றனர். அவை மற்ற எறும்புகளின் தூண்டுதலுக்கேற்பவும் செயல்படு கின்றன. எறும்புகளால் சுரக்கப்படும் ஃபெரோ மோன்கள் எனப்படும் புற ஹார்மோன்கள் தூண்டு தல்களாகச் செயல்படுகின்றன.

எறும்புகளின் உணர்கொம்புகளில் சிறு மோப்ப உறுப்புகள் அமைந்துள்ளன. இவற்றின் உதவியால் எறும்புகள் மற்ற எறும்புகள் வெளியிட்ட சுரப்பு களை முகர்ந்து செயல்படுகின்றன. இந்த வகையில் அவை தம் சொந்தக் குடியிருப்பைச் சேர்ந்த வற்றையும், பிற குடியிருப்பைச் சேர்ந்தவற்றை யும் வேறுபடுத்தி அறிந்து கொள்கின்றன. சில இனங்களில், உணவு கிடைக்குமிடத்தை அறிந்து கொண்ட எறும்புகள் அந்தச் செய்தியை இத்தகைய சுரப்புகளின் மூலம் மற்ற எறும்புகளுக்குத் தெரியப் படுத்துகின்றன. வெவ்வேறு வகையான சுரப்புகளை வெவ்வேறு அளவுகளில் சுரப்பதன் மூலம் எறும்புகள் மற்ற எறும்புகளுக்கிடையே எச்சரிக்கை, போராடு தல், இனப்பெருக்கம், கூடு அமைத்தல் ஆகிய நட வடிக்கைகளைத் தூண்டிவிட முடியும். எதிரிகளை விரட்டுவதற்காகச் சில எறும்புகள் நச்சுத் தன்மை யுள்ள நீர்மத்தைச் சுரக்கின்றன. அரசி எறும்பினால் சுரக்கப்படும் நீர்மங்கள் தொழிலாளி எறும்புகள் இனப்பெருக்கத் திறனுடைய பெண் எறும்புகளாக வளர்வதைத் தடைசெய்கின்றன.

சில வகை எறும்புகள் ஒலி உண்டாக்குவதன் மூலம் அதே இனத்தைச் சேர்ந்த ஏனைய எறும்பு களுடன் தொடர்பு கொள்கின்றன. மிர்மிக்கா ரூப்ரா (*Myrmica rubra*) என்னும் எறும்பு அதன் ஏழாம் வயிற்றுக் கண்டத்திலுள்ள சிறப்பு உறுப்பு மூலம் ஒலியுண்டாக்குகிறது. சில எறும்புகள் தங்கள் தலையால் இலைகளைத் தட்டியும் மற்றும் சில எறும்பு வகைகள் தங்கள் வயிற்றுப் பகுதியால் கூட்டிலுள்ள காய்ந்த சருகுகளைத் தட்டி ஓசைப் படுத்தியும் தகவல் தொடர்பு கொள்கின்றன.

எறும்புகளின் ஒருங்கிணைந்த நடவடிக்கையின் முக்கியத்துவமே அவற்றின் உணவூட்டப் பழக்கத்தில் தான் அடங்கியிருக்கிறது. பட்டறிவு மிக்க, முதிர்ச்சி யடைந்த தொழிலாளி எறும்புகள் உணவைத் திரட்டி வந்து கூட்டில் தங்கியுள்ள இளைய தொழிலாளி களிடம் தர, அவை உணவை இளவுயிரிகளுக்கும் மற்ற எறும்புகளுக்கும் கொடுக்கின்றன. பெரும் பாலான எறும்புகள் தாவரஉண்ணிகள். அறுவடை எறும்புகள் தாவர விதைகளை உணவாகக் கொள் கின்றன. தோட்டக்கார எறும்புகள் அவற்றின் இருப்பிடத்திலேயே பூசணத் தோட்டங்களை அமைத்து அங்கு வளரும் பூசணங்களை உண்ணு கின்றன. சில எறும்புகள் தேன், தாவரச்சாறு ஆகிய வற்றை உணவாகக் கொள்கின்றன. சில எறும்புகள் உயிருள்ள அல்லது இறந்த விலங்குகளை உண்ணு கின்றன.

ட்ரோஃபலாக்சிஸ் எனப்படும் உணவுப் பரிமாற்ற முறையில் எறும்புகள் அசுவுணிகள், மெம்பிரேசிடுகள் சில்லிடுகள், அலேரோடிடுகள் போன்ற பூச்சிகளுடன் தொடர்பு கொள்கின்றன. சில எறும்பு இனங்கள் இத்தகைய பூச்சிகளைத் தங்கள் இருப்பிடத்திலேயே தங்க வைக்கின்றன. அசுவுணிகள் அவற்றுக்கு வேண்டிய உணவைப் பெறுவதற்காக எறும்புகள் அவற்றை வெவ்வேறு தாவரங்களுக்குச் சுமந்து செல்கின்றன. தாவரங்களின் வேர்ப்பகுதிகளைத் துளைத்து, தாவரச் சாற்றை உறிஞ்சும் அசுவுணி களுக்காகச் சில எறும்புகள் தரையைத் தோண்டி வழிகளை அமைத்துக் கொடுக்கின்றன. இத்தகைய செயல்களுக்கு ஈடாக எறும்புகள் அசுவுணிகள் உடலி லிருந்து வெளிப்படும் தேன்பனியை (honey dew) உட்கொள்கின்றன. சிற்றுண்ணிகள், கம்பளிப்பூச்சிகள் வண்டுகள், கரப்பான் பூச்சிகள், ஈக்கள் போன்ற பூச்சிகள் மட்டுமல்லாமல் சிலந்திகள் போன்ற அராக்னிடுகளும் எறும்புப் புற்றுகளில் தங்கி அவற்றின் உணவையும் கழிவுப் பொருள்களையும் உட்கொள் கின்றன.

மேலும் சில பூச்சிகள் எறும்புப் புற்றுகளில் விருந்தினர்களாகத் தங்குகின்றன. மெர்மிஸ் என்னும் உருளைப் புழு எறும்புகளில் அக ஒட்டுண்ணியாக (endoparasite) வாழ்கிறது.

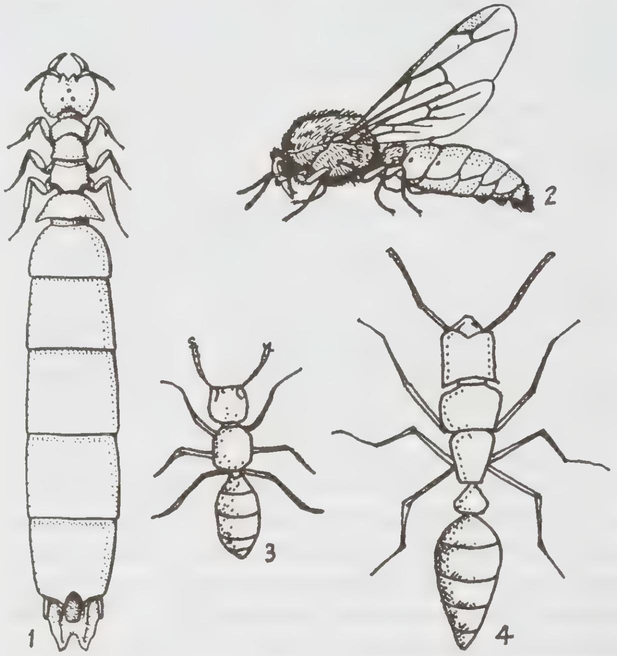
சில எறும்புகள் வேற்றின எறும்புகளின் குடியிருப்புகளில் நுழைந்து அங்கிருந்து வேற்றிளரிகளைக் கடத்திக்கொண்டு வந்துவிடுகின்றன. இவ்வாறு ஃபோர்மிக்கா சாங்குயினியா (*Formica sanguinea*) இனத்தைச் சேர்ந்த எறும்புகள் ஃபோர்மிக்கா ஃபஸ்கா (*F. fusca*) இன எறும்புகளைக் கடத்திச் செல்கின்றன. கடத்தி வரப்பட்ட வேற்றிளரிகள் வளர்ச்சியடைந்து உணவு தேடுவதிலும் இளம் எறும்புகளைப் பேணுவதிலும் ஈடுபடுகின்றன. எறும்புகளின் இத்தகைய நடவடிக்கை டியுலோசஸ் அல்லது எறும்பு அடிமைத்தனம் எனப்படுகிறது.

எறும்புகள் அவற்றின் இருப்பிடங்களை விட்டு தொலைதூரம் சென்றாலும் அவற்றின் இருப்பிடங்களுக்குத்தடுமாற்ற மின்றி வந்து சேர்ந்துவிடுகின்றன. அவை செல்லும் பாதையின் ஏற்ற இறக்கங்களைக் கொண்டும், சூரியனின் திசையைக் கொண்டும், புவி ஈர்ப்புத் திசையைக் கொண்டும் எறும்புகள் தாம் செல்ல வேண்டிய திசையை முடிவுசெய்து கொள்கின்றன.

அழிவு தரும் எறும்புகள். எறும்புகள் வீடுகளில் நுழைந்து உணவுப் பொருள்களைச் சேதப்படுத்துகின்றன. மோனோமோரியம் ஃபாரோனிஸ் (*monomorium pharaonis*) என்னும் சிவப்பு அல்லது மஞ்சள் நிறச் சிற்றெறும்புகள் வீடுகளில் நுழைந்து வெகு விரைவில் தரையிலிருந்து கூரைவரை பரவி உணவுப் பொருள்களைச் சேதப்படுத்துகின்றன. காம்ப்போநோட்டஸ் பொதுவினத்தைச் சேர்ந்த தச்சன் எறும்புகள் வீடுகளிலுள்ள தூண்கள், உத்திரங்கள், மரச் சட்டங்களைத் துளைத்துப் பாழாக்குகின்றன.

சில குறிப்பிடத்தக்க எறும்பு வகைகள். உலகம் முழுதும் பரவியுள்ள எறும்பினங்களில் பல வகைகள் குறிப்பிடத்தக்க முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. அட்டா பொதுவினத்தைச் சேர்ந்த இலைவெட்டி எறும்புகள் பூசணங்களைத் தங்கள் இருப்பிடங்களில் பயிரிட்டு அவற்றை உணவாகக் கொள்கின்றன. இவற்றை வளர்ப்பதற்காக எறும்புகள் பிற்பகலில் அருகிலுள்ள மரங்களில் ஏறி அவற்றின் இலைகளை வட்ட வடிவத் துண்டுகளாக வெட்டி எடுத்து வருகின்றன. இது பார்ப்பதற்கு ஒவ்வோர் எறும்பும் ஒரு குடையைப் பிடித்துக் கொண்டு செல்வதைப் போலிருப்பதால் இவை குடை எறும்புகள் எனப்படுகின்றன. இவ்வாறு அமைக்கப்படும் காளான் தோட்டங்களில் வளரும் வேண்டாத களைகளைத் தொழிலாளி எறும்புகள் களையெடுத்து அகற்றிச் சீர் செய்கின்றன. மிர்மிக்கோசிஸ்ட்டஸ் என்னும் இனத்தைச் சேர்ந்த எறும்புகள் தென்மேற்கு, மத்திய, தென் அமெரிக்கப் பகுதிகளில் வாழ்கின்றன. இவ்வினத்தில் சில தொழிலாளி எறும்புகள் தேனைச் சேகரித்து வைக்கும் உயிருள்ள பீப்பாய்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை ரிப்ளீட்டுகள் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவற்றின் வயிற்றில் தேன் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. உணவுப் பற்றாக் குறையின்போது மற்ற எறும்புகள் ரிப்ளீட்டுகளின் வயிற்றைத் தட்டி, தேனை உமிழச் செய்து உட்கொள்கின்றன.

உலகில் வெப்பப்பகுதிகளில் 200 வகையான இராணுவ எறும்புகள் அல்லது ஓட்டுநர் எறும்புகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றுள் தென் அமெரிக்காவில் காணப்படும் எசைட்டன் பொதுவின எறும்புகளும்



டோரில்ஸ் ராணுவ எறும்பு

1. அரசி எறும்பு 2. ஆண் எறும்பு 3. தொழிலாளி எறும்பு 4. போராளி எறும்பு

வேட்டை எறும்பு

ஆப்பிரிக்காவில் காணப்படும் அனோமா, டோரிலஸ், ஆகிய பொதுவினங்களைச் சேர்ந்த எறும்புகளும் குறிப்பிடத்தக்கவை. ஆயிரக்கணக்கான இராணுவ எறும்புகள் படையெடுத்துச் செல்லும்போது வழியில் எதிர்ப்படுவனவற்றையெல்லாம் பாழாக்கி விடுகின்றன. இவற்றைக் காணும் உயிரினங்கள் விரைந்து விலகி இவற்றுக்கு வழி விடுகின்றன. வழியில் குறுக்கிடும் உயிரினங்களை இந்த எறும்புகள் தங்கள் உறுதியான வெட்டுத் தாடைகளால் கடித்துக் குதறி விடுகின்றன.

ஆஸ்திரேலியாவில் 100 வகை வேட்டை எறும்புகள் காணப்படுகின்றன. இவை 20 மி.மீ. வரை வளரக் கூடியவை. இவற்றின் கொடுக்கினால் வலி உண்டாக்கும் காயங்களை உண்டாக்குகின்றன. வளர்ச்சியடைந்த எறும்புகள் பெரும்பாலும் தாவரச் சாற்றையே உட்கொண்டாலும் இவை சிலந்திகளையும் பூச்சிகளையும் கொன்று இளவுயிரிகளுக்கு உணவாக்குகின்றன.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

எறும்புண்ணி

பாலூட்டிகள் வகுப்பில், பற்களற்றவை வரிசையில் எறும்புக்கரடி, ஆர்மடில்லோ, ஸ்லாத் ஆகிய தென் அமெரிக்க விலங்குகள் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்வரிசையில் எறும்புண்ணிகளடங்கிய மிர்மிக்கோஃபேகிடே, ஆர்மடில்லோக்களடங்கிய டேசிப்போடிடே, ஸ்லாத்துகளடங்கிய பிராடிப் போடிடே ஆகிய மூன்று குடும்பங்கள் உள்ளன. இம்மூன்று குடும்பங்களும் டெர்ஷியரி காலத்தில் பெருகி வாழ்ந்த செனார்த்ரா என்ற பிரிவைச் சேர்ந்தவை. செனார்த்ரா என்ற சொல்லுக்கு 'இயல்பு மீறிய உள்ளெலும்பு இணைப்புகள்' என்று பொருள்.

தென் அமெரிக்காவில் காணப்படும் எறும்புண்ணிகள் நிலத்தில் அல்லது மரங்களில் வாழ்கின்றன. இவை 16 - 120 செ.மீ. வரை உடல் நீளமும், 0. 5 - 35 கி.கி. வரை எடையும் கொண்டவை. வால் நீளம் 15-50 செ.மீ வரை வேறுபடுகிறது. உருண்டையான தலையும் நீண்ட கால்களும் கொண்டவை. காதுகள் குட்டையானவை, வட்ட வடிவமானவை. நீண்ட முகவாயின் முனையில் சிறிய வாய் அமைந்துள்ளது. பற்களற்ற தாடைகளும் மிக நீண்ட நாக்கும் இருக்கின்றன. இவற்றின் மூதாதைகளில் பற்கள் இருந்தன. கறையான் புற்றுகளையும் எறும்புப்புற்றுகளையும் அழித்து அவற்றை உண்பதற்கேற்ற வகையில் விரல் நகங்கள் மிக உறுதியாக உள்ளன. உடலிலுள்ள மயிர்கள் மிகத் தடித்தும் குட்டையாகவும் உள்ளன.

சில இனங்களில் வாலில் மயிர் மிக அடர்த்தியாக காணப்படுகிறது. விரலிலுள்ள கூர்நகங்கள் தற்காப்பு ஆயுதங்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எதிரிகள் தாக்கும்போது பின்கால்களைத் தரையில் ஊன்றி நிமிர்ந்து உட்கார்ந்து முன்கால்களை விரைவாக வீசி அறைந்து வலிவாகத் தாக்குகின்றன. எறும்புண்ணிகள் சிறப்பான மோப்பத் திறனும் கேட்கும் திறனும் பெற்றுள்ளன. மிர்மிக்கோஃபேகிடே குடும்பத்தில் மூன்று பொதுவினங்கள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு பொதுவினத்திலும் ஒரு சிறப்பினம் உள்ளது.

பேரெறும்புண்ணி வட அர்ஜென்டைனாவில் பரவலாகக் காணப்படுகிறது. இது முற்றிலும் தரையில் வாழும் இயல்புடையது. இதன் உடலின் நீளம் 100-300 செ.மீ., வாலின் நீளம் 65-90 செ.மீ, எடை 30-35 கி.கி. பெண் விலங்கைவிட ஆண் உருவில் சற்றுப் பெரியது. உடலில் குறிப்பாக வாலில் அடர்த்தியான மயிர் காணப்படுகிறது. வாலிலுள்ள மயிரின் தொடர்ச்சி முதுகில் அடர்த்தியான வரிசைகளாக அமைந்துள்ளது. வாலில் மயிர்களுக்கடியில் செதில்கள் உள்ளன. வைக்கோல் போன்ற மயிர் உடல்மீது காணப்படுகிறது. கழுத்து முன்பக்கம் நீண்டு உருளை போன்ற தலையாக உருப்பெற்றுள்ளது. நீண்ட முகவாயின் நுனியில் சிறிய வாய்

பேரெறும்புண்ணி

உள்ளது. தலைப்பகுதியிலுள்ள சிறு கண்களும் காதுகளும் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை. பற்களில்லை. பின்கால்களைவிட முன் கால்கள் வலிவானவை.

முன்கால்களின் முதல் விரல் சிறியது; மற்ற விரல் களை விடச் சற்று மேல்புறமாக அமைந்துள்ளது. இரண்டாம் மூன்றாம் விரல்கள் வலுவானவை. அவை கூர்நகங்களைப் பெற்றுள்ளன. நான்காம் விரலின் அடிப்பகுதியில் தோல்தடிப்பு ஒன்று காணப்படுகிறது. ஐந்தாம் விரல் மிகவும் சிறியதாகையால் அது வெளியே தெரிவதில்லை. பின்கால்களிலும் ஐந்து விரல்கள் உள்ளன. பெண் விலங்கிற்கு இரண்டு பால் காம்புகள் உள்ளன.

பெரெறும்புண்ணி தன் வலுவான முன்கால் களால் கறையான், எறும்புப்புற்றை உடைத்து நீண்ட முகவாயைப் புற்றுக்குள் நுழைக்கும். பசைத் தன்மையுடைய இதன் நாக்கு 60 செ.மீ. நீளமுள்ளது. கறையான்களும் எறும்புகளும் நாவில் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. மிகப்பெரிய உமிழ் நீர்ச் சுரப்பிகள் நாக்கின் அடிப்பகுதியில் அமைந் துள்ளன. இவை மார்பெலும்பு வரை நீண்டுள்ளன. நாக்கில் ஒட்டிக்கொள்ளும் கறையான்களும் எறும்பு களும் உமிழ் நீருடன் விழுங்கப்பட்டு இரைப்பைக்குள் செலுத்தப்படுகின்றன. அவை இரப்பையின் தசைப் பற்றுள்ள கடினமான உட்சுவரால் நசுக்கப்பட்டு அரைக்கப்படுகின்றன. இரைப்பையில் காணப்படும் மணல், சிறுகற்கள் ஆகியவை உணவை நன்கு அரைப் பதற்கு உதவியாக உள்ளன. பேரெறும்புண்ணி ஒரு நாளைக்கு ஏறக்குறைய 30,000 கறையான்களையும் எறும்புகளையும் பிடித்துத் தின்னும். கறையான்கள் எறும்புகளைத் தவிரப் புழுக்கள், பூச்சிகளின் இள வுயிரிகள், பழங்கள் ஆகியவற்றையும் உண்ணும். இலைகளில் ஒட்டியுள்ள மழைநீரையும் பனித்துளியை யும் நாக்கால் நக்கி உட்கொள்ளும். தரையில் பள்ளம் தோண்டியோ மரத்தின் அடிப்பகுதியிலோ தலையை முன்கால்களுக்கிடையில் இடுக்கிக் கொண்டு வாலைச் சுருட்டியவாறு படுத்துறங்கும். மெல்லிய ஒலி ஏற் பட்டாலும் விழித்துக் கொள்ளும். விலங்குக் காட்சி யகங்களில் வளர்க்கப்படும்போது இவைஇருபத்தைந்து ஆண்டுகள் வரை வாழ்கின்றன. இறைச்சி, முட்டை, பால், பழங்கள் ஆகியவற்றை உண்ணும். வசந்த காலத்திலும் குளிர் காலத்திலும் இனப்பெருக்கம் செய்யும். கருவளர்காலம் ஆறு மாதங்கள். ஓர் ஈற்றில் ஒரு குட்டிதான் பிறக்கிறது. பெண் விலங்கு நின்றபடிக் குட்டியை ஈனும். பிறக்கும்போதே குட்டி 1700 கிராம் எடையிருக்கும். பிறந்து சில காலம் வரை தாயின் முதுகின்மேல் அமர்ந்தவாறு இருக்கும். தாயைப் போலவே குட்டியின் முதுகிலும் வெள்ளி நிறப்பட்டை இருக்கும். இரண்டு வயதில் குட்டி முழு வளர்ச்சியடையும். பின்பு தாயின் உதவியின்றித் தனித்து வாழும்.

டாமண்டுவா அல்லது கழுத்துப்பட்டி எறும்புண்ணி. பேரெறும்புண்ணியைப் போலவே இது தரையிலும் மரத்திலும் வாழ்கிறது. காட்டு ஓரங்களிலும் புல் வெளிகளிலும் பரவலாகக் காணப்படுகிறது. உடல் நீளம் 50-60 செ.மீ. வாலின் நீளம் 50-55 செ.மீ. எடை 3-5 கி.கி. உடல்நிறம் வெளிர் மஞ்சளிலிருந்து பழுப்புநிறம் வரை வேறுபடுகிறது. உடல் புள்ளி களற்றோ செம்பழுப்பு நிறப்புள்ளிகளுடனோ காணப் படுகிறது. உடலில் காணப்படும், தடித்த குட்டையான மயிர்கள் நெளிநெளியாக உள்ளன. வாலில் செதில்கள் உள்ளன. காதுகள் சற்றே பெரியவை. கண்களும் வாயும் சிறியவை. முகவாய் குட்டையானது. முன் கால்களும் பின்கால்களும் வலிவானவை. முன்காலின் மூன்றாம் விரல் மற்ற விரல்களை விட நீளமானது. இதில் 5 செ.மீ. நீளமுள்ள கூர் நகம் உள்ளது.

டாமண்டுவா

பெண் விலங்கிற்கு இரண்டு பால் காம்புகள் உள்ளன. இதன் நடை ஒரு நொண்டி நடப்பதைப் போன்று பார்ப்பதற்கு விநோதமாக இருக்கும். துன்புறுத்தப் பட்டால் பின்கால்களின் உதவியுடன் தரையில் அமர்ந்து முன்கால்களை அகல விரித்துக் கொண்டு எதிரியைக் கூர்நகங்களால் இறுக்கிப்பிடித்து நெரிக்கும். இடையூறு அதிகமானால் மல்லாந்து படுத்துக் கொண்டு தற்காப்புக்காகக் கால்களையும் பயன்படுத்துகிறது. அப்போது ஒரு வகையான துர் நாற்றத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. வாலை ஊன்றிக் கொண்டு மெதுவாக மரக்கிளைகளில் ஏறுகிறது. மரங்களிலுள்ள கறையான் புற்றுகளைச் சிதைத்து நாக்கால் துழாவி எறும்புகளையும் கறையான் களையும் பிடித்துத் தின்னும். தாய் உணவுண்ணும் போது குட்டியை மரக்கிளைகளில் விட்டுவிடுகிறது. குட்டிகள் வெளிர் மஞ்சள் அல்லது கரும்பழுப்பு நிற மானவை. டாமண்டுவாவை விலங்குக் காட்சிய கங்களில் வளர்ப்பது கடினம். ஆனால் அதற்குக்

கொடுக்கப்படும் உணவு அதற்கு ஒத்துக்கொள்ளும் நிலையில் அது வளர்ப்பவருடன் எளிதில் பழகி விடும்.

இருவிரல் எறும்புதின்னி அல்லது மென்மயிர் எறும்புதின்னி. இருவிரல் எறும்புதின்னி மத்திய அமெரிக்காவிலிருந்து பொலிவியா வரையிலுள்ள காடுகளிலும், மத்திய பிரேசில் பகுதியிலும் பரவியுள்ளது. இது மரங்களில் வாழும் தன்மையுடையது. இதன் உடல் நீளம் 16-20 செ. மீ., வால் நீளம் 18-20 செ. மீ. எடை 500 கிராம். இதன் குட்டையான மென்மையான மயிர் செம்பழுப்பு அல்லது பொன்மஞ்சள் நிறமானது. வால் தசைப்பற்றுள்ளது; நுனியில் மயிரற்றது; கண்களும் காதுகளும் சிறியவை. ஓரளவு நீளமான கீழ்நோக்கி வளைந்த முகவாய் உடையது. வாய் மற்ற எறும்புதின்னிகளின் வாயை விடச் சற்றுப் பெரியது. கால்கள் மிக்க வலுவானவை. இரண்டாம், மூன்றாம் முன்னங்கால்கள் விரல்கள் இணைந்துள்ளன. மூன்றாம் விரலின் கூர் நகம் சற்று நீளமானது. முதலாம், நான்காம், ஐந்தாம் விரல்கள் நன்கு வளர்ச்சியடையவில்லை. பகல் நேரத்தில் மரக்கிளைகளிலோ மரப்பொந்துகளிலோ சுருண்டு படுத்துத் தூங்கும். மற்ற எறும்பு தின்னிகளைப் போலவே முன்கால்களைத் தற்காப்புக்கும், எறும்புப் புற்றுகளைச் சிதைப்பதற்கும் பயன்படுத்துகிறது. பின் கால்களாலும், வாலினாலும் மரக்கிளைகளை உறுதியாகப் பற்றிக்கொண்டு, முன் கால்களால் மரக்கிளைகளில் முன்னேறிச் செல்கிறது. இவற்றிற்குப் பால் காம்புகள் இருப்பதில்லை. ஓர் ஈற்றில் ஒரு குட்டிதான் பிறக்கிறது. தாயும் தந்தையும் ஓரளவு செரித்த பூச்சிகளை இரைப்பையிலிருந்து மீண்டும் வாய்க்குக் கொண்டுவந்து குட்டிக்கு ஊட்டுகின்றன. இவற்றை விலங்குக் காட்சியகங்களில் வளர்ப்பது கடினம். விலங்குக் காட்சியகங்களில் ஏறக்குறைய இரண்டரை ஆண்டுகள் வாழ்ந்ததாக ஒரு குறிப்பு உள்ளது.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

இரு விரல் எறும்புண்ணி

எறும்புத் தாவரம்

இவ்வினத் தாவரங்களில் ஒன்றான சிக்ரோபியா பெல்ட்டேடா (*Cecropia Peltata*) அமெரிக்காவின்

1, வேலமுள் உறைவிடம் 2. சிற்றிலை வளர் மொட்டுகள்

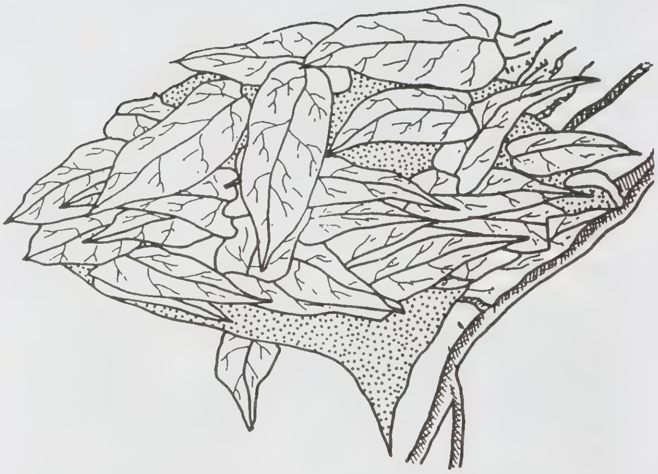
வெப்பமண்டலப் பகுதிகளில் காணக்கூடிய மரமாகும். மோரேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்த இது 50 அடி உயரம் வளரும். மிக விரைவாக வளரக்கூடிய, இதன் எடை குறைவான மரக்கட்டைகளை மிதவை செய்யப் பயன்படுத்துகின்றனர். மேலும் யுயேபி (uaupe) இந்தியர்கள் இதன் உள்ளீடற்ற தண்டுகளை இசைக் கருவிகள் செய்யப் பயன்படுத்துவதால் இது ஊது குழல் மரம் என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

தண்டு, கிளை ஆகியவற்றின் வெற்றிடங்களில் எறும்புகள் வாழ்வதுடன் இலைக்காம்புகளின் அடிப்பகுதியில் காணப்படும் சதைப்பற்றுள்ள வளரிகளை உணவாகக் கொள்கின்றன. மரத்தைத் தாக்கி, இலைகளைத் தின்னும் எறும்பு வகைகளையும் வெட்டுக்கிளி போன்ற பூச்சிகளையும் இந்த எறும்புகள் விரட்டி அடிக்கின்றன. மரம் தந்த உணவு, வாழ்விடம் ஆகியவற்றிற்குக் கைம்மாறாக இலை உண்ணும் பூச்சிகளிடமிருந்து மரத்தை இவை காக்கின்றன எனக்கூறலாம். ஒன்றுக்கொன்று உதவியாக அமையும் இவற்றின் கூட்டு உயிர் வாழ்க்கை எறும்பு-தாவரக் கூட்டு உயிர் வாழ்க்கைக்கு (myrmecophily) எடுத்துக்காட்டாகும்.

இந்தியாவில் காணப்படும் ஓடை மரங்களையும் எறும்புத் தாவரங்கள் எனலாம். இம்மரத்தின் நீண்ட முள்கள் எறும்புகளால் துளைக்கப்பட்டு வெற்றிடமாக இருக்கும். வெற்றிடங்களில் முட்டைகள் இடப்பட்டு இளவுயிரிகள் பொறிக்கப்படுகின்றன. இளவுயிரிகளுக்கு இம்மரத்தின் கூட்டுச் சிற்றிலைகளின் நுனியில் வளரும் சிறு மொட்டுகள் உணவாக அளிக்கப்படுகின்றன. இம்மரங்களை நாடிவரும் அழிவு தரும் பூச்சிகள் கடிக்கப்பட்டும், கொட்டப்பட்டும் விரட்டி அடிக்கப்படுகின்றன. அத்துடன் படரும் கொடிகளும் தாக்கப்பட்டுப் படராதவாறு தடுக்கப்படுகின்றன. வேலமரத்திற்கு அழிவை உண்டாக்கும் பூச்சிகளிடம் இருந்து காத்துக்கொள்ள அதன் திசுவில் தக்க வேதிப்பொருள்கள் இல்லை என்பதும் அதன் வளர்ச்சிக்கு நிழல் படாத முழுச்சூரிய ஒளி தேவை என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கவை.

வெப்பமண்டலப் பகுதிகளில் சில மரங்களின் நுனிக்கிளைகளில் இலைகளால் வேயப்பட்ட எறும்புக் கூடுகளைக் காணலாம். இவ்வெறும்புகளைத் தையல் எறும்புகள் என்பர். இளவுயிரிகளின் உமிழ் நீரால் பல இலைகள் ஒன்றோடொன்று ஒழுங்கற்ற முறையில் சேர்த்து ஒட்டப்பட்டு இக்கூடுகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய இலைக்கூடுகளையுடைய மரங்களையும் எறும்புத் தாவரங்கள் எனலாம்.

தென் அமெரிக்கக்காடுகளில் அட்டா எனப்படும் இலை-வெட்டும எறும்புகள் உண்டு. இவை ஒரு நாளில் ஒரு மரத்தில் இலைகளை வெட்டி நீக்கிவிடக்கூடியவை. வெட்டிய இலைகளைக் கொண்டு அவை பூஞ்சைத் தோட்டம் (fungus garden) தயாரிக்கும். இங்கு வளரும் பூஞ்சைகளே அவ்வெறும்புகளுக்கு உணவாகும். இப்பூஞ்சைகள் இல்லாவிடில் எறும்புகள் மடிந்துவிடும் என்று கண்டறிந்துள்ளனர். இவ்வித இலை- வெட்டும் எறும்புகளிலிருந்து தம்மைப் பாதுகாத்துக் கொள்ளச் சில தாவரங்கள் மற்றொரு வகை எறும்புகளோடு கூட்டு வாழ்க்கை நடத்துகின்றன. செக்ரோபியா அடினோபஸ் (*Cecropia adenopus*) என்னும் செடியில் கணு இடைகள் நீண்டு உட்கூடாகக் காணப்படும். இவற்றில் எறும்புகள் வாழும் இந்தச் செடியின் இலைக்காம்பின் கீழ்ப்பகுதியில் முல்லர் உறுப்புகள் (muller's corpuscles) காணப்படுகின்றன. அவை எறும்புகளுக்கு உணவாகப் பயன்படுகின்றன.



தையல் எறும்பு கூடு

மலேசியக் காடுகளில் மெர்மிகோடியா எனப்படும் தொற்றுத்தாவரம் காணப்படும். இச்செடியின் அடிப்பகுதி பெரிய கிழங்குபோல் இருக்கும். அதில் உள்ள மிகுதியான வெற்றிடங்களில் எறும்புகள் வாழும். இதன் தடுப்புச் சுவர்கள் மெல்லியவாயிருக்கும். இவற்றைத் தவிர ஹிட்னோஃபைட்டம் மொண்டானம் (*Hydnophytum montanum*), கபூரா அலேடா (*Capura alata*) ஆக்டினோடாஃபினி (*Actinodaphne*. டொக்கோகாலேன்சிபோலியா (*Tococa lancifolia*) கார்டியா நோடோசா (*cordia nodosa*) முதலியவை எறும்புத்தாவரங்கள் ஆகும். குப்பைமேனி விதைகளில் எண்ணெய்ச் சேமிப்புத் திசுக்கள் (eliosome) காணப்படும். இத்திசுக்களுக்காகக் குப்பைமேனி விதைகளை எறும்புகள் நாடி வந்து, விதை பரவுதலுக்கு உதவி செய்யும். இதற்கு மெர்மிகோகோரி என்று பெயர்.

- இரா. சுந்தரம்

என்கே வால் விண்மீன்

கண்ணுக்குப் புலனாகக் கூடிய வால்விண்மீன்களில் மிகவும் மங்கலானதும் சிறிய சுற்றுப்பாதை உடையதும் என்கே வால்விண்மீன் (Enckey comet) ஆகும். ஹாலே வால்விண்மீனுக்குப் பிறகு வால்விண்மீன்கள் சூரியனைச் சுற்றி வருவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் இவ்வால்விண்மீனுக்குத் தான் அறுதியிடப்பட்டது. இதனுடைய சுற்றுவட்டக் காலம் 3.3 ஆண்டுகள் ஆகும்.

முதன் முதலில் இவ்வால்விண்மீன் 1786 ஆம் ஆண்டு பியரி மெக்யென் என்பாரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பின்னர், ஜான் ஃபிரான்ஸ், என்கே என்ற வானியலார் 1795, 1805, ஆகிய 1815 ஆண்டுகளில் தோன்றிய வால்விண்மீன்களும் 1786 இல் தோன்றிய வால்விண்மீனும் ஒரே வால்விண்மீன்தான் எனக் கண்டறிந்தார். இதனால் இவ்வால்விண்மீன் இவர் பெயரால் வழங்கப்படுகிறது. மேலும் சூரியனைச் சுற்ற எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஒவ்வொரு முறையும் 2 மணி 30 நிமிடம் குறைந்து வருகின்றது என்றும் கண்டுபிடித்தார். அதனுடைய அடுத்தடுத்த தோற்றங்கள், 1944 ஆம் ஆண்டு மட்டும் தோன்றாமல் குறிப்பிட்டபடி மற்ற ஆண்டுகளில் தோன்றி வருகின்றன.

என்கே வால்விண்மீன் தோன்றும்போது டாரிட்ஸ் விண்கற்கள் விழுகின்றன. இந்த விண்கற்கள் தோன்றும்போது வளிமண்டலத்தில் 85-120 கிலோ மீட்டருக்கும் இடையே உலோக நேர்ம அயனிகள் உருவாவது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வால் விண்மீன் இதனுடைய வளிமங்களை மிக விரைவாக இழந்து வருவதால், முடிவில் இது ஒரு கறுப்பான சிறுகோளாக (asteroid) மாறக்கூடும் எனக் கருதப்படுகிறது.

- பெ. வடிவேல்

என்கே, ஜான் ஃபிரான்ஸ் (1791-1865)

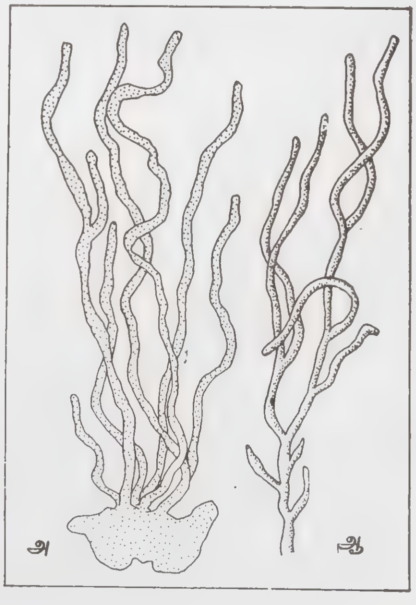
ஜெர்மனி நாட்டைச் சார்ந்த வானியல் அறிஞரான என்கே, ஜான் ஃபிரான்ஸ், (Johann Franz Eneke) வால்விண்மீன்கள் (comets) பற்றி ஆராய்ந்த அறிஞர்களில் முதன்மையானவர். இவர் விண்பொருள்களின் சுற்றுவட்டத்தைக் கணக்கிடுவதற்குப் புதிய முறையினை உருவாக்கினார். அதனைப் பயன்படுத்தி ஜீன் லூயி பான் என்பாரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வால்விண்மீனின் சுற்றுவட்டப் பாதையைக் கண்டுபிடித்தார். மேலும் 1786, 1795, 1805 ஆகிய 10 ஆண்டு இடைவெளிகளில் தோன்றிய வால்விண்மீன்களை அடையாளம் கண்டு அவை ஒரே வால் விண்மீன் என்றும், அதன் சுற்றுவட்டக் காலம் 3.3 ஆண்டுகள் எனவும் கண்டுபிடித்தார். அதன் பின் இவ்வால்விண்மின் இவர் பெயரால் வழங்கப்பட்டு வருகிறது. 1824 ஆம் ஆண்டு புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை, 1761, 1769 ஆகிய ஆண்டுகளில் வெள்ளி என்றகோள் உச்சிவட்டத்தைக் கடந்து சென்ற அளவுகளைக் கொண்டு கண்டறிந்தார்.

- பெ. வடிவேல்

என்டிரேர்ர்மஃபா

இது அல்வேசீ குடும்பத்தைச் சேர்ந்த கடற்பாசியாகும். கடலில் இப்பேரினத்தின் சிற்றினங்கள் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. அன்றியும் நன்னீர் நிலைகளிலும் உப்புநீர்த் தேக்கங்களிலும் காணப்படுகின்றன. இந்தியக் கடற்பகுதிகளில் என்டிரோமார்ஃபா இன்டெஸ்டைனாலிஸ் (*Enteromorpha intestinalis*), எ. புராலிபெரா, (*E. prolifera*), எ. மினிமா (*E. minim*ா), எ. டியுபுலோசா (*E. tubulosa*), எ. கம்ப்ரெசா (*E. compressa*) போன்ற கடற்பாசிகள் பரந்து காணப்படுகின்றன.

ன்ட்ரோமார்ஃபா கடற்பாசியின் உடல் சுருளான குழாய் போன்ற அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது.

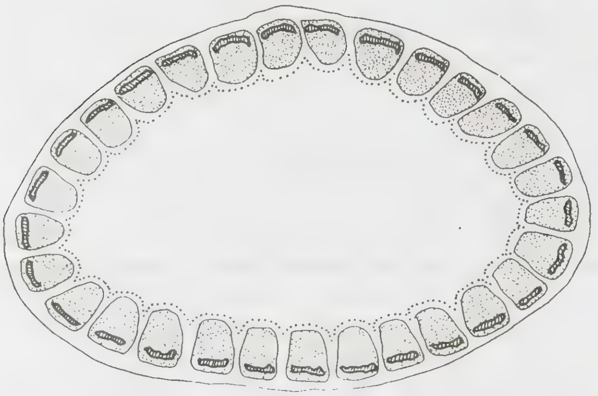


என்டிரோமார்ஃபா

அ) எ. இன்டெஸ்டைனாலிஸ், ஆ) எ. ஃபிலாஜெல்லிபார்மிஸ்

இக்கடற்பாசி ரைசாய்டுகளாலான ஓர் அடிப்பகுதியின் உதவியால் தளங்களில் ஒட்டிக் கொண்டு வாழ்கின்றது. இவ்வகை கடற்பாசிகளைச் சேர்ந்த சில இனங்களில் தனித்தனித் துண்டுகளும் நீரில் மிதந்து காணப்படுவதுமுண்டு. என்டிரோமார்பா உடலம் இரு செல் அடுக்குகளைக் கொண்ட நீண்ட குழாய். இக்குழாயின் சுவர் ஓரடுக்குச் செல்களைச் கொண்டு காணப்படுகின்றது.

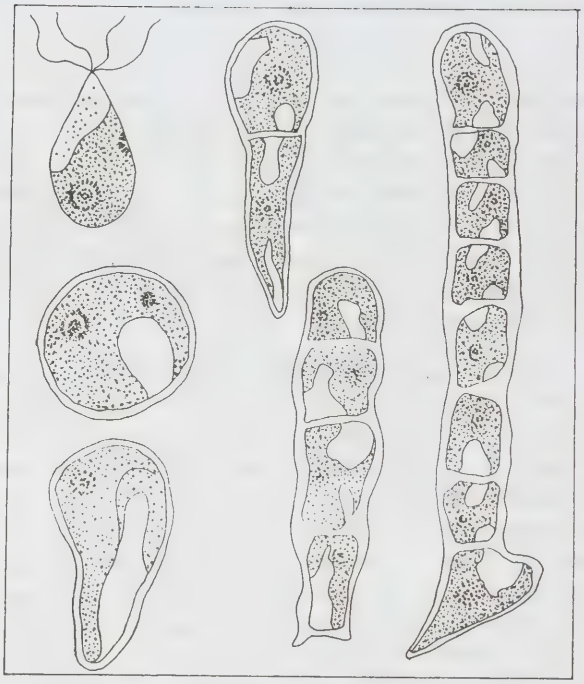
எண்டிரோமார்ஃபா உடலத்தில் காணப்படும் ஒவ்வொரு செல்லும் பலகோண வடிவத்தைக் கொண்டும், பசுங்கணிகம் (chloroplast) நியூக்ளியசைக் கொண்டும் காணப்படுகின்றது. செல் உறையில் உட்பக்கத்தைச் சார்ந்துள்ள இப்பசுங்கணிகங்களின் மையத்தில் பைரினாய்டு ஒன்று உள்ளது. இப்பசுங்கணிகங்களின் செல்உறை பல அடுக்குகளில் தடிப்புற்றுக் காணப்படுகின்றது.



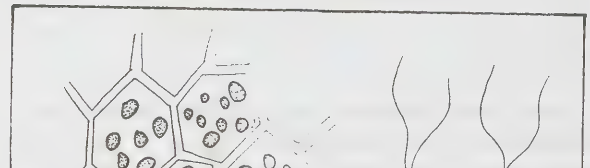
என்டிரோமார்பா - குறுக்கு வெட்டுத்தோற்றம்.

என்டிரோமார்ஃபா உடலத்தின் ஒரு பகுதி துண்டிக்கப்பட்டாலோ இழந்து விட்டாலோ இழந்த பகுதியை மீண்டும் உருவாக்கக்கூடிய திறனைப் பெற்றுள்ளது. இதன் காரணமாக இம்முறை பாலினஞ்சாரா இனப்பெருக்கம் எனப்படுகிறது. இதுமட்டுமன்றிச் சில சமயங்களில் என்டிரோமார்ஃபா தாவரத்தை நிலைப்படுத்தியிருக்கும் பிடிப்பான்களிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் சிறு முளைகளாலும் முழுத் தாவரம் தோன்றக் கூடிய வாய்ப்பு உண்டு.

பாலிலா இனப்பெருக்கம். என்டிரோமார்ஃபாவில் இரட்டைமய (diploid) ஸ்போரோஃபைட் உடலங்களில் பாலிலா இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகின்றது. இச்சமயம் நான்கு கசையிழைகள் கொண்ட சூவோஸ்போர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. உடலத்தின்



என்டிரோமார்ஃபா - சூவோஸ்போர்



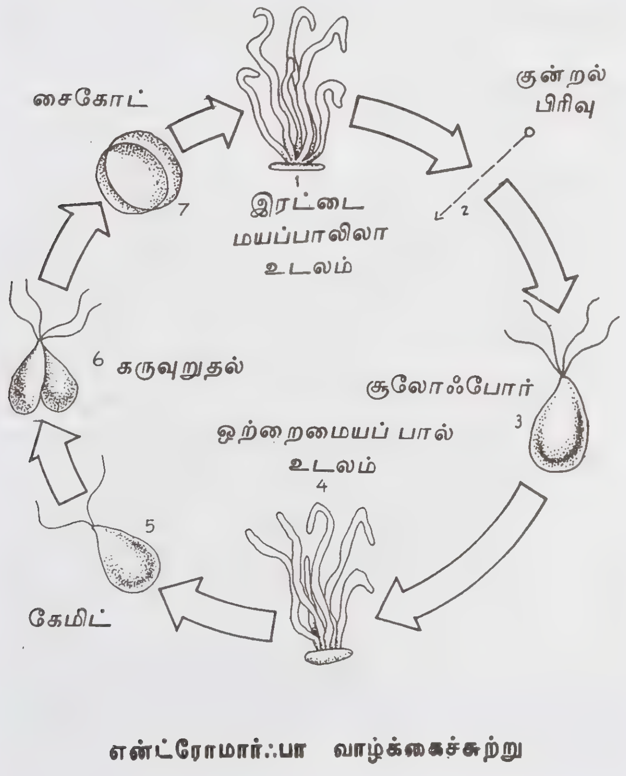
என்டிரோமார்ஃபா – பாலினப் பெருக்கம்

1. செல்களில் கேமிட்டுகள் தோன்றல், 2. பெண்கேமிட் 3. ஆண் கேமிட், 4. இணைவு நிலைகள், 5. சைகோட், 6. வளர்ச்

எந்தப்பகுதியும் மறைமுகப்பிரிவு (mitosis) குன்றல் (Meiosis) வகைப் பகுப்புகளின் மூலம் சூவோஸ்போர்களை உண்டாக்கும் திறன் கொண்டவை. இந்த சூவோஸ்போர்கள் உடலத்தில் இருந்து வெளியேறி சில மணி நேரம் நீரில் நீந்திய பின்னர் ஒரு தளத்தின் மீது நிலையாகின்றன. இந்த சூவோஸ்போர்கள் முதலில் குறுக்கு வாக்கிலும், பின்னர் நீளவாக்கிலும் பகுப்புற்று முழுத் தாவரமாக வளர்ச்சியடைகின்றது.

பாலினப் பெருக்கம்: சூவோஸ்போர்களில் குன்றல் பகுப்பு நடைபெறுவதால் அவை ஒற்றை மயமானவை (haploid) ஆகும். பின்னர் இவை முளைத்து கேமிட்டோபைட்டுகளாகின்றன. என்டிரோமார்ஃபா கின்டெஸ்டைனாலிஸ் தாவரத்தில் ஆண் கேமிட்டுகளை விடப் பெண் கேமிட்டுகள் அளவில் பெரியவையாகும். ஆண் கேமிட்டுகள் மஞ்சள் கலந்த பச்சை நிறத்தையும், பெண் கேமிட்டுகள் பச்சை நிறப் பசுங்கணியத்தையும் கொண்டுள்ளன.

உடலின் தனிப்பட்ட பாகங்களில் கேமிட்டுகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. கேமிட்டுகள் உருவாகும் போது செல்களின் புரோட்டோபிளாசம் எட்டுத் துண்டுகளாகப் பகுப்புற்று ஒவ்வொரு துண்டும் இரு கசையிழைகளையுடைய கேமிட்டுகளாக உருவாகின்றன. தனித்தனி என்டிரோமார்பாக்களிலிருந்து உருவாகும் இரு கேமிட்டுகள் இணைந்து நான்கு கசையிழைகள் கொண்ட சைகோட்டுகளை உருவாக்குகின்றன. இவை சில காலம் தனித்து இயங்கிய



என்ட்ரோமார்:.பா வாழ்க்கைச்சுற்று

பின்னர் கசையிழைகளை இழந்து தடித்த உறையைப் பெற்று இரட்டை மய என்டிரோமார்ஃபாவாகி வளர்கின்றன.

வாழ்க்கைச் சுற்று. டிலோடிரிகேல்ஸ் வரிசையைச் சேர்ந்த கடற்பாசிகளில் காணப்படுவதைப் போன்று ஒத்த உருவமைப்புடைய சந்ததி மாற்றம் என்டிரோமார்ஃபாவிலும் காணப்படுகின்றது. என்டிரோமார்ஃபா புரோலிஃபெரா (*E. prolif. ra*) மாறுபட்ட உருவமைப்புச் சந்ததி இருப்பதாகவும் கருதப்படுகிறது. இம்முறையில் ஒரு சந்ததியின் உடலம் எளிய தோற்றத்தையுடைய உடலத்தையும், மாற்றுச் சந்ததியின் உடலம் கிளைப்பகுதிகளையும் கொண்டிருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றது.

- ம. அ. மோகன்

என்ஸ்டடைட்

இது செஞ்சாய்சதுரப் பைராக்சின் திண்மக் கரைசல் தொடரில் இறுதி மக்னிசிய உறுப்பு ஆகும். தெளிவற்ற பட்டக வகைப் பிளவும் (110), குறுயிணை (010), செவ்விணைப் வடிவப் (100) பிரிவும் கொண்டு என்ஸ்டடைட் (enstatite) காணப்படுகிறது. பொதுவாக மஞ்சள் கலந்த சாம்பல் நிறமாக உள்ள இது சிறிது இரும்பு கலந்திருப்பின் பச்சை நிறமாகவும் காணப்படும். மென் படலத்தில் ஒளி ஊடுருவும் தன்மை உடையது. இது நேர் (+) ஒளி சுழற்றும் தன்மை கொண்டது. ஒளிவிலகல் எண்கள் $n\alpha = 1.650, n\beta = 1.653, n\gamma = 1.658$ ஆகும். கால்சியம் இல்லாத என்ஸ்டடைட் ஏறக்குறைய 990°Cஇல் புரோட்டோ என்ஸ்டடைட்டாக (protoenstatite) மாறுகிறது. இதுவும் ஒரு செஞ்சாய்சதுரப்படிகமாகும். 990°Cக்கு மேல் சிதைவுறும் வெப்பநிலை வரை நிலைப்புத்தன்மை உடையதாகும். 990°Cக்கு கீழ் விரைவாகக் குளிர்விக்கப்படுவதால் ஒற்றைச் சரிவு அமைப்பான கிளினோ என்ஸ்டடைட்டாக மாறுகிறது. கிளினோஎன்ஸ்டடைட் கனிமத் திண்மக் கரைசலில் சிறிதளவு கால்சியம் இருந்தால் இக்கனிமம் நிலையான உயர் வெப்பநிலை அமைப்பாக (high temperature form) மாறும்.

இக்கனிமம் சிறிதளவு பளிங்கு மிளிர்வும், சீரற்ற முறிவும் கொண்டது. எளிதில் நொறுங்கும் தன்மை உடையது. இதன் கடினத் தன்மை 5.5; அடர்த்தி 3.1-3.3. ஊதுகுழல் ஆய்வில் எளிதில் உருகாத இதன் உருகுதிறன் 6 ஆகும். ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தில் கரையாதது.

பொதுவாக பசால்ட், டியூனைட், செர்பென்டினைட், பெரிடோடைட்ஸ் ஆகியவற்றின் உட்கூறாக என்ஸ்டடைட் உள்ளது. ஒலிவின், டையாப்சைடு

கால்சியம், பைராக்சின், கால்சியம் மிகுந்த பிளஜியோகிளேஸ் போன்ற கனிமங்கள் இதனுடன் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன.தனிப்படிக என்ஸ்டடைட்தனிப்படி ஆன்ட்டி கோரைட்டாக மாற்றமடையும்போது அது பாஸ்டைட் எனப்படுகிறது. இது செர்ப்பன்டைன் பொதிவுகளில் மிகுதியாக உள்ளது. மேலும் என்ஸ்டடைட் கனிமம் ஆம்பிபோலாக மாற்றமுறுதலும் பொதுவாக நடைபெறும் செயலாகும்.

புவியின் மேலோட்டில் காணப்படும் கனிமங்களில் என்ஸ்டடைட் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இது கிளினோபைராக்சீன், கார்னெட், ஒலிவின், பிளஜியோகிளேஸ் போன்றவற்றுடன் இணைந்து காணப்படுகிறது. வெப்பநிலை உயரும்போது என்ஸ்டைட்டிலுள்ள அலுமினியத்தின் கரையும் திறன் மிகுதியாகின்றது. என்ஸ்டடைட் கிளினோபைராக்சின், கார்னெட் ஆகியவை சேர்ந்த படிவு ஐஹெர்ஜோலைட் (iherzolite) எனப்படும்; இது ஆல்பைன் மலைச்சரிவின் சில இடங்களில் காணப்படுகிறது. கிம்பர்லைட் எனப்படும் வைரப் பாறைகளில் ஐஹெர்ஜோலைட் முண்டுகளாக உள்ளன.

பயன். இக்கனிமம் அதிக அளவில் வெட்டி எடுக்கக்கூடிய நிலையில் காணப்பட்டால், மிகு வெப்பம் தாங்கும் செங்கற்கள் செய்யப் பயன்படுத்தலாம்.

- இரா. சரசவாணி

எனார்க்கைட்

இது Cu_3AsS_4 உட்கூறு கொண்ட அரியதாமிரக் கனிமமாகும். எனார்கைட் (enargite) செம்பின் மதிப்பு வாய்ந்த தாதுவாகச் சில இடங்களில் காணப்படுகிறது. செஞ்சாய் சதுரப் படிகங்களில் இது காணப்படுகிறது. பொதுவாகத் தூண் போன்றும், திண்மையாகவும் பரந்த சீவல் அமைப்பும் கொண்டுள்ளது. மேலும் முழுமையான பட்டகப் பிளவையும், உலோக மிளிர்வையும், சாம்பல் நிறக் கருமை நிறத்தையும் உடையது.

இதன் கடினத்தன்மை எண் 3; ஒப்படர்த்தி 4. 44. எனார்கைட் அரிதான செம்புத்தாது கனிமமாகும். பைரைட், கலீனா, ஸ்பாகலரைட், டெட்ராஹெட்ரைட், போர்னைட் ஆகியவற்றுடன் இணைந்து நரம்புப் படிவுகளிலும் மாற்றுப் படிவுகளிலும் காணப்படுகிறது. யூகோசிலோவியா, பெரு, பிலிப்பைன்ஸ், அமெரிக்காவிலுள்ள பட், மான்ட், பின்கம் கேன்யான், யுடாக் ஆகிய இடங்களில் சுரங்கங்களிலிருந்து இக்கனிமம் வெட்டி எடுக்கப்படுகிறது.

ஒழுங்காக நிறைவான பட்டகத்தைபோல் பிளவு அமைந்துள்ளது; உடைவு ஒழுங்கற்றது. சாம்பல் கலந்த கறுப்பு நிறத்தில் காணப்படுகிறது. செயற்கை ஒளியில் பார்த்தால் இதன் நிறம் ஸ்பேலரைட் போல் தெரியும். பெரிய பிளவு, வெடிப்பு உள்ள இடங்களில் இக்கனிமம் காணப்படுகிறது. இக்கனிமத்துடன் சால்கோபைரட், போர்னைட், சால்கோசைட், பைரட்டுகள் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன.

எனார்கைட் படிகம்

ந. சந்திரசேகர்

எஷ்செரிச்சிய கோலை

இந்நுண்ணியிரி குடல் பாக்டீரியா வகையைச் சார்ந்தது. இது கிராம் நெகடிவ் ஆகவும், கம்புகள் போன்றும் இருக்கும். சால்மோனல்லா, ஷிகா, புரோட்டியஸ் போன்ற நுண்ணுயிர்களைப் போல அல்லாமல், இவை லாக்டோசை நொதிக்க வைக்கின்றன.

எ. கோலை (*Escherichia coli*) பொதுவாகவே தீமை பயக்காத நிலையில் இரைப்பை-சிறுகுடல் பாதையில் காணப்படுகின்றது. குடல் வால் வெடிப்புப் போன்ற இயல்பில்லா நிலையில் இவை தீமை பயக்கின்றன. இவ்வாறே சிறுநீரகப் பாதையையும் பாதிக்கலாம். எ. கோலை நுண்ணுயிர்கள் இரத்த நாளங்கள் இல்லாத சிதைந்த திசுக்களில் காணப்படுகின்றன. சிறுநீரகப் பாதை, கல்லீரல் நாளம், உதரக் குழிவு, தோல், நுரையீரல்கள் ஆகியவற்றின் வழிகாகவும் இவை உட்செல்லுகின்றன. ஓம்புயிரின் தடுப்பாற்றல் குறைந்தபோதெல்லாம் (சர்க்கரை நோய், கல்லீரல் சுருக்கம், அரிவாள் செல் சோகை,

கதிர் வீச்சு மருத்துவம், புற்றுநோய் எதிர் மருந்துகள் ஸ்டீராய்டுகள், நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்துகள் ஆகியவை செலுத்தப்படும்போது எ. கோலைகள் பாதிப்புகளை உண்டாக்குகின்றன.

75% சிறுநீரகப் பாதைப் (சிறுநீர்ப்பை அழற்சி சிறுநீரக அழற்சி) பாதிப்புகள் எ. கோலையால் உண்டாகின்றன. குடல்வால் அழற்சி மற்றும் இரைப்பைப் புண் வெடிப்பு, உதரவிதான அடிச்சீழ், ஆகியவற்றில் எ. கோலை நுண்ணுயிர்கள் காணப் படுகின்றன. பித்த நீர்ப்பை அழற்சியும் அதன் அழுக லும், வெடிப்பும்கூட இந்த நுண்ணுயிர்களால் ஏற் படுகின்றன.

எ. கோலை சிலபோது, இரத்த ஓட்டத்தில் பரவிச் சீழ் இரத்த நிலையை உண்டாக்குகிறது. அப்போது குளிருடன் காய்ச்சல், மனக்குழப்பம் கடின மூச்சு, குறைந்த இரத்த அழுத்தம் ஆகியவை ஏற்படுகின்றன. தோல் வெப்பமாகவும். உலர்ந்தும் காணப்படும். புற நாளச் சுருக்கம் காணப்படும்போது தோல் குளிர்ந்தும், நீல நிறமாகவும்இருக்கும். இந்த நுண்ணுயிர், தோலைத் தாக்கிச் சீழ்க்கட்டிகளை உண்டாக்குகின்றது.

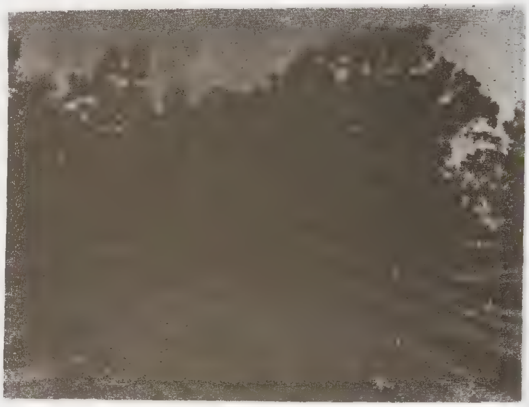
புதுப் பிறப்புகளில் மூளை அழற்சியையும், சிறு நீரக அழற்சியையும் உண்டாக்குகின்றன. இதற்குக் காரணம். மலத்தால் அசுத்தமடைவதும், தாயிடம் ஐஜிஎம் (IgM) என்றதடுப்பாற்றல் புரதம் இல்லாமை யுமே ஆகும். இரண்டு வயதுக் குழந்தைகளுக்கு எ. கோலைஇரைப்பைக்குடலழற்சியைத் தோற்றுவிக்கும். ஆய்வுகளில் வெள்ளணுப் பெருக்கம் (குறிப்பாகத் துகள்கள் கொண்டவை) அதிகமாகக் காணப்படு கிறது. இதனால் சோகை உண்டாகிறது. ஊட்ட ஊடகத்தில் வளர்ப்பதன் மூலமும், இரத்தத்தை வகைப்படுத்துவதன் மூலமும் நோய் பற்றி முடிவு செய்யலாம்.

மருத்துவம். உருவான சீழ் அகற்றப்பட வேண்டும் நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்துகள் தொடர்ச்சியாகத் தரப் படவேண்டும். டெட்ராசைக்ளின், குளோரோமை சிட்டின் அல்லது ஆம்ஃபிசிலின், கண்டாமைசீன், ஸ்ட்ரெப்டோமைசீன் போன்றவை பலனளிக்கின்றன. சிரை வழியாக ஆம்ஃபிசிலின் அளிப்பதும் பலனளிக் கிறது. அண்மைக் காலமாகச் செபலோஸ்ஃபோரினும், பாலிமிக்சின் போன்ற நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்து களும் கொடுக்கப்படுகின்றன.

- சாரதா கதிரேசன்

எஸ்கர்

பனிக்கட்டியுடன் மண்ணையும், சரளைக் கற்களையும் கொண்டு வளைந்து வளைந்து செல்கின்ற அமைப்பு உடைய மலைமுகடே எஸ்கர் (esker) எனப்படும். பெரும்பாலான எஸ்கர்கள் 3-50 மீ. உயரமும், 10-200 மீ. அகலமும், 100-500 கி. மீ. நீளமும் கொண்டவை யாக இருக்கும். பக்கவாட்டுச் சரிவுகள், படிவுகள் படிந்து காணப்படும் கோணத்தில் செங்குத்தாக இருக்கும். மேடு பள்ளக் குன்றுகளாகவும் சுமார் 250. மீ. நேர்குத்தாகவும் எஸ்கர் காணப்படும்.



எஸ்கர்

எஸ்கரின் வளைவுகள் அல்லது திசைகள் முன்னர் ஏற்பட்ட பனிக்கட்டிப் பாளப்பாய்வின் திசையை ஒத்தமையும், பனிக்கட்டிப் பாளங்களுக்கு அடிப் பகுதியிலோ உள்ளேயோ சுரங்க வழியாகப் பாய்ந்த ஓடைகளினால் ஏற்பட்ட படிவுகளே எஸ்கராகும். பனிக்கட்டி நிலையாக ஓரிடத்தில் இருப்பதால் இப் படிவுகள் ஏற்படுகின்றன. தென் ஸ்வீடன், ஃபின் லாந்து, கிழக்கு மெயின், அன்கவா ஆகிய இடங்களில் இவை அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

- இரா. சரசவாணி

எஸ்ட்டராக்கம்

இது ஓர் ஆல்கஹால் அமிலத்துடன் குறுக்க வினை புரிந்து எஸ்ட்டரைத் தரும் வினையாகும். இது ஆல்கஹால்கள் யாவற்றுக்கும் பொதுவானதொரு வினையாகும். அமிலங்கள் (கரிம வகை, கனிம வகை இரண்டுமே) யாவுமே எஸ்ட்டராக்கலுக்கு உகந்தன எனினும், பொதுவாக கரிம வகை அமிலங்களுக்கு மட்டுமே இவ்வரையறை பொருந்தும். இவ்வினையில் வெளியாகும் நீரை அகற்றி, முன்னோக்கி வினையை

ஊக்குவிக்கும் வாயிலாக அடர் சல்ஃப்யூரிக் அமிலம் சேர்க்கப்படுகிறது.

$$\underset{\text{ஆல்கஹால்}}{ROH} + \underset{\text{அமிலம்}}{HOOCR} \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{அடர்}} H_2O + \underset{\text{எஸ்ட்டர்}}{ROCOR'}$$

(எ. கா.)

$$CH_3CH_2OH + HOCOCH_3 \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{அடர்}}$$

$$H_2O + \underset{\text{ஈதைல் அசெட்டேட்}}{CH_3COOC_2H_5}$$

$$CH_2OH + HONO_2 \qquad CH_2ONO_2$$

$$CHOH + HONO_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{அடர்}} CHONO_2 + 3H_2O$$

$$CH_2OH + HONO_2 \qquad CH_2ONO_2$$

கிளிசரில் ட்ரை நைட்ரேட்

இந்நைட்ரோ ஏற்ற வினையை எஸ்ட்டராக்கலாகவும் கொள்ளலாம்.

இயங்கு முறை. ராபர்ட்ஸ் என்பார் பென்சாயிக் அமிலத்தை O^{18} கொண்ட மெத்தனாலுடன் எஸ்ட்டராக்கல்வினைக்குட்படுத்தி,குறுக்கவினையில் வெளியாகும் நீர் மூலக்கூறில் O^{18} இடம் பெறவில்லை என்பதைக் கண்டறிந்தார். இதனின்று அசைல்-ஆக்சிஜன் பிணை முறிவு (acyl-oxygen fission) நிகழ்வதாகத் தெரியவந்தது.

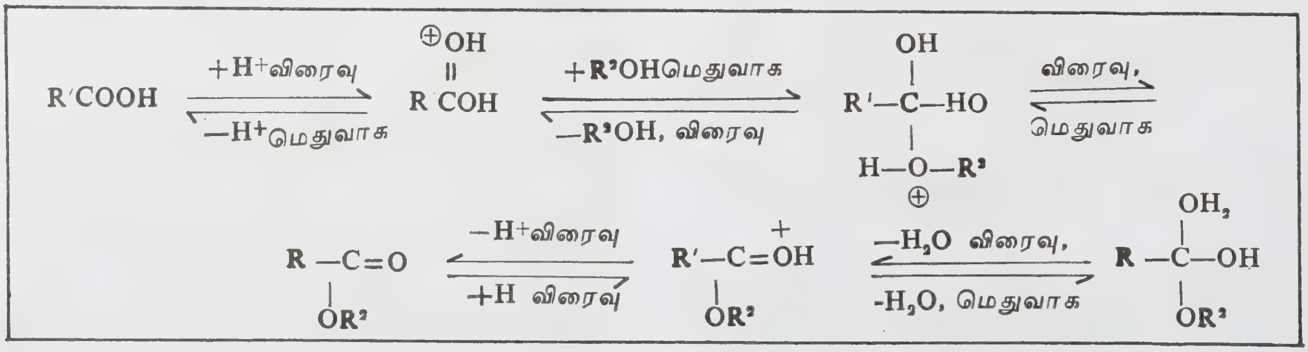
$$C_6H_5COOH + CH_3OH \longrightarrow C_6H_5COOCH_3 + H_2O$$

இவ்வுண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு கீழ்க் காணும் இயங்கு முறை வகுக்கப்பட்டுள்ளது.

வினையின் நிகர விரைவை அறுதியிடும் கட்டம் புரோட்டான் ஏற்றமடைந்த அமில மூலக்கூறுடன் ஆல்கஹால் மூலக்கூறு இணைதலேயாகும். இக் கட்டத்தில் கார்போனைல் தொகுதியிலுள்ள கார்பன் sp^2 கலப்பின நிலையிலிருந்து கலப்பின நிலைக்குத் தாவுகிறது. எனவே, R′ அல்கைல் தொகுதியில் பருமன் கூடக்கூட, கொள் இடத்தடை (steric hindrance) கூடுதலாக. sp^3-sp^3 ஆர்பிட்டால் வடிவமாற்றம் நிகழ்வது கடினமாகும். Rஇன் பருமன் கூடுதலாகையில், மெத்தனாலுடன் எஸ்ட்டராக்கல் வினையின் விரைவு குறைகின்றது.

எஸ்ட்டராக்கல் வினை மெல்ல நிகழும் வினையாகும். மிகச் சிறிய அளவு கரிம அமிலங்களை வினையூக்கிகளாகப் பயன்படுத்தி விரைவாக்கலாம். ஆல்கஹாலைக் கரிம அமிலத்துடனும் 5-10% அடர் சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தையும் சேர்த்துக் கொதிக்கவைக்க வேண்டும். மாறாக HCl வளிமத்தை ஆல்கஹால் அமிலக் கலவையில் 3% எடையேற்றம் காணும் வரை செலுத்தலாம். ஃபிசர்-ஸ்பியர் முறை (Fisher-Spsier methcd) எனப்படும் இம்முறையில் எஸ்டரின் விளைச்சல் கூடுதலாகும். சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தைப் பயன்படுத்தும் முறையில் நீரகற்றல் நிகழ்ந்து, அல்க்கீன் உருவாகும் கிளைவினை (side-reaction) நிகழ வாய்ப்பு இருப்பதால், ஈரிணைய, மூவிணைய ஆல்கஹால்களுக்கு HCl- -ஐப் பயன்படுத்தும் முறை ஏற்றததாகும்.

வினையூக்கியைப் பயன்படுத்தாத எஸ்ட்டராக்கத்தில் 1 மோல் அமிலத்தையும் 1 மோல் ஆல்கஹாலையும் கொண்டு துவக்கினால், 2/3 மோல் எஸ்ட்டர் உருவாகும். ஆல்கஹாலையோ அமிலத்தையோ மிகையளவில் பயன்படுத்தி எஸ்ட்டரின் விளைச்சலைக் கூடுதலாக்கலாம். இங்கு சல்ஃப்யூரிக் அமிலம் ஒரே நேரத்தில் வினையூக்கியாகவும், நீரகற்றும் பொருளாகவும் பயன்படுகிறது. எஸ்ட்டரையோ, நீரையோ வாலை வடித்தல் மூலம் பிரித்தால் வினையின் விரைவு கூடுதலாகும். இம்முறை உயர் கொதிநிலை கொண்ட அமிலங்களுக்கும், ஆல்கஹால்களுக்கும் பொருந்தும். மாறாக, நீரை அகற்றுவதற்குப் பென்சீனையோ கார்பன் டெட்ராகுளோரைடையோ



அமிலம்	CH_3COOH	CH_3CH_2COOH	$(H_3C)_3C\text{-}COOH$	$(H_5C_2)_3C\text{-}COOH$
வினை விரைவு விகிதம்	1	0.51	0.037	0.00016.

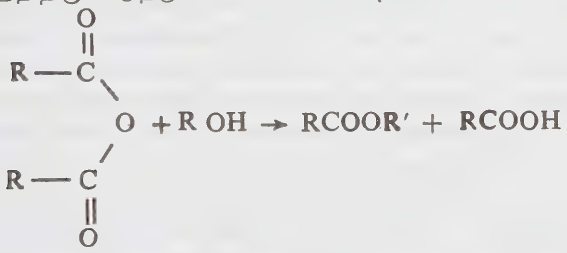
சேர்க்கலாம். இவை நீருடன் கொதிநிலைமாறாக் கலவையைத் தோற்றுவித்து அகற்றுகின்றன.

எஸ்ட்டராக்கத்தில் மற்றொரு வகையாக அமிலக் குளோரைடு-ஆல்கஹால் குறுக்கவினையைக் கூறலாம். இங்கு நீருக்குப் பதிலாக HCl வளிமம் வெளிவருகிறது.

$$RCOCl + HOR' \xrightarrow{\text{ஆல்கஹால்}} HCl + RCOOR$$

அமிலக் குளோரைடு எஸ்ட்டர்

அமில நீரிலியுடன்ஆல்கஹாலைக் குறுக்கவினைப் படுத்தி எஸ்ட்டரைப் பெறும் முறையையும் எஸ்டராக்கத்திற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம்.



எஸ்ட்டராக்கல் வினையில், வினையின் விரைவு கீழ்க்காணும் வரிசையில் குறைகின்றது, ஓரிணைய > ஈரிணைய > மூவிணைய, ஒரு குறிப்பிட்ட ஆல்கஹாலை ஹாலோஜன் அமிலங்களுடன் எஸ்ட்டாரக்குகையில் அவ்வமிலங்களின் வினைவிரைவு HI > HBr > HCl என அமைந்துள்ளது. நீள்சங்கிலி கொண்ட ஓரிணைய ஆல்கஹால்களின் எஸ்ட்டராக்கம் இரு மூலக்கூறு இயங்குமுறையையும், கிளைச் சங்கிலி கொண்ட ஓரிணைய ஆல்கஹால்கள் ஒரு மூலக்கூறு வழியையும் உடையன. மூவிணைய ஆல்கஹால்களின் எஸ்ட்டராக்கம் எப்பொழுதுமே ஒரு மூலக்கறு வினையாகும். ஈரிணைய ஆல்கஹால்கள் இரண்டு இயங்கு முறைகளின் வாயிலாகவும் எஸ்ட்டராக்கக் கூடும்.

- மே. இரா. பாலசுப்ரமணியன்

எஸ் யூ (3), உயர் நிலைச் சமச்சீர்மை

எல்லா வலிவான இடைவினை செய்யும் அடிப்படைத்துகள்களும், அதாவது ஹேட்ரான்களும் வரையறுக்கப்பட்ட T என்ற சமத் தற்சுழற்சியும் (isospin) y என்ற மிகு மின்னும் உள்ள பன்மையுறுப்புகளாகத் (multiplets) தோன்றுகின்றன என்பது 1950இல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. நியூக்ளியான்கள் $T = 1/2$ $y=1$ ஆகிய மதிப்புகள் உள்ள இரட்டைகள், புரோட்டானுக்கு $T_3=1/2$. நியூட்ரானுக்கு $T_3=-1/2$ $\Sigma^-, \Sigma^\circ, \Sigma^+$ என்ற ஹைபரான்கள் (hyperons) $T=1$, $y=O$ ஆகிய மதிப்புகள் உள்ள மூவுறுப்பிகள், (triplets). $SU(2) \times U(1)$ என்ற சமத் தற்சுழற்சி மிகு மின் குழுவில் வலுமிக்க இடைவினைகள் ஏறத்தாழ மாறாமை உள்ளவையாகவே உள்ளன. காணப்படுகிற பன்மையுறுப்பிகள் இந்தக்குழுவின் சுருக்க முடியாத முன்வைப்புகளுக்கு நேரிணையாக உள்ளன.

G என்ற ஓர் உயர் நிலைச் சமச்சீர்மைக் குழு இருக்கக் கூடும் எனப் பல இயற்பியல் வல்லுநர்கள் நம்பினர். அதில் சமத் தற்சுழற்சி மிகுமின் குழு ஒரு துணைக் குழுவாக அடங்கியிருக்கும். அது பல ஓரிடத் தனிமப் பன்மையுறுப்பிகளைக் கூட்டி வைத்து ஹேட்ரான்களின் மிகப்பெரிய மிகுபன்மையுறுப்பிகளாக்குவதற்கு (super multiplets) வழி கோலும். G-இன் சுருக்கமுடியாத முன் வைப்புகளுக்கு நேரிணையான இந்த மிகு பன்மையுறுப்பிகளில், காட்சிப் பதிவு செய்யக் கூடிய அனைத்து அல்லது பல 1/2 தற்சுழற்சி ஹேட்ரான்களான நியூக்ளியான்கள், Λ, Σ ஹைபரான்கள், ξ துகள்கள் ஆகியவை அடங்கும். இந்த துகள் நிறையில் நேர்த்தியற்ற பன்மையாற்றல் நிலையுள்ளவை (degenerate). எனவே G வலிவான இடைவினைகளின் ஒரு சரியான சமச்சீர்மைக் குழுவாகக் கருதப்படுவதில்லை. அதற்குப் பதிலாக ஒரு வரிசைப்படி அமைப்பு (hierarchical structure) கற்பனை செய்து கொள்ளப்படுகிறது. அதன் வலிவு மிக்க இடைவினைகளில் மிகவலிவானவை மட்டுமே G இல் மாறாமையுள்ளவை.

G குழுவின் பற்பல வாய்ப்புடைய கூறுகள் ஆய்வுக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டன. ஆனால் அவற்றால் பயனேதும் ஏற்படவில்லை. 1956 இல் நியூக்ளியான்களும் ஹைபரான்களும் உண்மையான அடிப்படைத் துகள்கள் எனவும் மற்ற எல்லா ஹேட்ரான்களும் இவற்றின் கூட்டுகளே எனவும் சகாட்டா என்பார் கருத்து வெளியிட்டார். பின்னர் நியூக்ளியான்-நியூக்ளியான் விசைகளின் மின்சாரத்

தன்மை என்றகருத்து, நியூக்ளியான்கள் Λ ஹைபாரன் கள் ஆகியவற்றுக்கு இடையிலான இடைவிசை களுக்கும் பொருந்தும் வகையில் பொதுவாக்கப்பட் டது. இவ்வாறு ஓரிடத்தனிம SU (2) சமச் சீர்மைக் கருத்தை விரிவுபடுத்தி SU (3) என்ற உயர்நிலைச் சமச்சீர்மை குழுவாகக் கருத வழியேற்பட்டது. இவற்றைப் பின்பற்றியே ஜெல் மான் என்பார் தனது எட்டு வழித் தத்துவத்தையும் (eight fold way) குவார் க்குகள் பற்றிய கருத்துகளையும் உருவாக்கினார். அண்மையில் ஹேட்ரான்கள் மூன்று அல்லது நான்கு அடிப்படைத் துகள்கள் அடங்கியவையாயிருக்கலாம் என்ற கருத்து உருவாயிருக்கிறது. ஆனால் அவை இன்னமும் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. அவை கண் ணில் படாத குவார்க்குகளாகக் கூடஇருக்கலாம்.

SU (3) என்பது ஒருமைத்தன்மையான (unitary) ஒற்றை மதிப்புள்ள (unimodular) 3×3 அணிகளின் (matrix) குழுவாகும். அதன் வரையறுப்பி முன் வைப்பு முப்பரிமாணமுள்ளது. ஜெல் மானின் எட்டு வழித் தத்துவம் சரியானதாக இருக்குமானால் எல்லா ஹேட்ரான்களும் SU (3) மிகுபன்மையுறுப்பி களாக அமைய வேண்டும். பரிசோதனைகள் அவ்வாறு இருப்பதாகத் தோன்றுவதாகவே காட்டு கின்றன. குறிப்பிட்ட தற்சுழற்சியும் சமானமும் (parity) உள்ள மெசான்கள் எப்போதும் ஒற்றையுறுப் பிகளாகவோ, எட்டுறுப்பிகளாகவோ (octet) வருகின்றன. அவ்வாறே தற்சுழற்சி-2 மெசான்களில் ஒற்றையுறுப்பியும், எட்டுறுப்பியும் கொண்ட ஒரு கலப்பு உள்ளது. இது வரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள எல்லா மெசான்களையும் SU (3) எட்டுறுப்பு களாகவும் ஒற்றையுறுப்பிகளாகவும் கணக்கில் சேர்த்துக் கொள்ள முடியும்.

பார்யான்களில் இதைவிட அதிகமான வகைகள் தென்படுகின்றன. தற்சுழற்சி -½ பார்யான்களைப் போன்ற பல எட்டுறுப்பிகளும், ஒற்றைப் படையான சமானமுள்ள தற்சுழற்சி-½ Λ போன்ற பல ஒற்றை யுறுப்பிகளும் உள்ளன. ஆனால் இரட்டைப்படை யான சமானமுள்ள, தற்சுழற்சி - 3/2 பார்யான்கள் முற்றிலும் வேறுபட்ட தன்மையுடையவை. அவை SU (3)-இன் பத்துப்பரிமாணமுள்ள முன்வைப்பின் படி உருமாற்றமடைகின்றன. இந்தப் பத்துப் பரி மானங்களில் ஒன்றாகக் கருதி உரைக்கப்பட்டிருந்த Ω^{-} பார்யான் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகே ஜெல்- மாலின் எட்டு வழித் தத்துவம் அறிவியலார்க்கு நம்பிக்கைக்குரியதாக ஆயிற்று.

தூவரை காணப்படும் எல்லாப் பார்யான்களும் SU (3)-இன் முன் வைப்புகளான ஒற்றையுறுப்பிகள், எட்டுறுப்பிகள், பத்துறுப்பிகள் ஆகியவற்றில் ஏதா வது ஒன்றைச் சேர்ந்தவையாகவே உள்ளன. அடிப் படைக் குவார்க்குகள் ஒரு SU (3) மூவுறுப்பியைப் போல உருமாற்றமடைகின்றன. ஒரு குவார்க்கும். ஓர் எதிர்க் குவார்க்கும் இணைந்து தோன்றியவை மெசான்கள் ஆகும். அவை ஒற்றையுறுப்பிகளாகவோ எட்டுறுப்பிகளாகவோதான் தோன்ற முடியும், பார்யான்கள் மூன்று குவார்க்குகளால் ஆனவை. எனவே அவை ஒற்றை உறுப்பிகளாகவோ எட்டுறுப்பிக்ளாகவோ, பத்துறுப்பிகளாகவோதான் (decimets) தோன்ற முடியும். துகள்களின் நிறைகள், மின்காந்தப் பண்புகள் போன்றவற்றை SU (3) தத்துவங்களின் அடிப்படையில் கணக்கிட்டுப் பார்க்கும் போது அவை ஆய்வு முடிவுகளுடன் ஒத்து வரு கின்றன.

எட்டு வழித் தத்துவம் 1961-ஆம் ஆண்டில் முதன் முதலாக வெளியிடப்பட்டபோது அது நம்ப முடியாத அளவுக்கு கருது கோளை வெளியிடுவதாக அறிவியலார் கருதினார்கள். ஆனால் இன்று அது ஹேட்ரான் அமைப்பியலை (systematics) பற்றித் தோராயமான ஆனால் ஏற்கத்தக்க விளக்கங்களைத் தருவதாக அனைவரும் ஒப்புக் கொள்கின்றனர். மேலும் தோராயமான SU (3) மாறாமைத் தத்துவம், தோராயமான தற்சுழற்சி சாராத விசைகள் தத்து வத்துடன் இணைந்து சார்பியலற்ற SU (6) மாதிரி என்னும் கருத்தை உருவாக்க வழிகோலியிருக்கிறது. இக் கருத்தின்படி வெவ்வேறு தற்சுழற்சிகளுள்ள பல SU (3) மிகுபன்மையுறுப்பிகள் ஒன்றாய்ச் சேர்க் கப்பட்டு அவற்றை விடப் பெரிய SU (6) பன்மை யுறுப்பிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு இரட்டைப்படையான சமானமுள்ள தற்சுழற்சி - ½ எட்டுறுப்பியும், தற்சுழற்சி 3/2 பத்துறுப்பியும் ஒரே அலகாக அமைகின்றன. இத் திட்டம் மிகவும் வெற்றிகரமாக ஹேட்ரான்களை விளக்குகிறது. அடிப்படையான குவார்க்குகளுக்கிடையிலான விசை தோராயமாகக் குவார்க்குத் தற்சுழற்சியையும், குவார்க்குப் பண்பெர்ற்றுமையையும் (identity) சார்ந்திருக்கவில்லை என்ற கருத்துடன் உருவாக்கப் பட்ட ஒரு குவார்க்கு மாதிரியில் அத்திட்டத்தின் வெற்றி விளங்க தொடங்குகிறது. இவற்றின் அடிப் படையில் குலாண்டம் நிறவியக்கவியல் (quantum chromodynamics) என்ற புதிய இயல் மலர்ந்து கொண்டிருக்கிறது.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஏ

ஏக்கம்

தவிப்பு ஓர் இயல்பான மன எழுச்சியாகப் பொது வாழ்வில் அடிக்கடி விளையும் உணர்வாகும். இவ்வுணர்ச்சி குறைந்த அளவில் இருக்கும் போது தாங்கிக் கொள்ளக் கூடியதாக இருக்கிறது. ஒரு மாணவனுக்குத் தன்னைத் தேர்வுக்கு ஆயத்தம் செய்து கொள்ள இந்த உணர்வு உதவுகிறது. ஆனால் இது பெரிய அளவில் தாக்கும் போது ஒருவரைச் செயலற்றுப் போகச் செய்வதோடு பல கடும் விளைவுகளையும் உண்டாக்குகிறது. இந்நிலை அந்த மாணவனுடைய கவனத்தைக் குறைப்பதுடன் நினைவாற்றலையும் இழக்கச் செய்கிறது. சில நேரங்களில் இதனால் பேசும் திறமையைக்கூட இழக்க நேரிடுகிறது.

புறச் சூழ்நிலையில் ஏற்படும் இடர்ப்பாடுகளே முக்கியமாக இந்நிலையை ஏற்படுத்துகிறது என்பது மருத்துவர்களின் பொதுவான கருத்து. தவிப்பை மாற்றும் அல்லது எதிர்க்கும் தன்மை பெற்ற மருந்துகளாக பென்சோடையாசிபைன் போன்ற தூக்க மருந்துகள் இந்நோயாளிகளுக்கு உதவுகின்றன. மேலும் மருத்துவர்களின் மேற்பார்வையும் அவர்கள் அளிக்கும் உறுதியும், தன்னம்பிக்கையும் இவர்கள் நலமடையப் பெரிதும் உதவுகின்றன. நாளடைவில் சிலருக்குத் தானாகவே இந்நோய் மறைந்து விடலாம். ஆனால் கடுமையான இடர்ப்பாடுகள் ஏற்படுமேயானால் அவர்கள் மீண்டும் கடுமையாகத் தாக்கம் அடைவார்கள்.

மனநோய் மருத்துவ இயலில் தவிப்பு என்ற நிலை முக்கிமானது. இது விட்டு விட்டோ, தொடர்ந்தோ ஏற்படும். இத்துடன் அச்சம், எரிச்சல் ஆகியவையும், மூச்சு வாங்குதல், வியர்த்துக் கொட்டல், நடுக்கம், தூக்கமின்மை என்பவையும் ஏற்படலாம். இவ்வெளிப்பாடுகள் நோயாளியின் உடல் நிலைக்குத் தொடர்பற்றவையாகவும். தவிப்பின் அளவிற்கும் வெளிப்பாட்டின் முனைப்பிற்கும் பொருத்தமின்றியும் காணப்படும்.

இந்தத் தவிப்பு நிலைமையின் கீழ்ப் பல நோய்கள் அடங்கும். அவை, தவிப்பு நிலையில் தேவையற்ற அச்சம் (panic disorder), பொதுவான தவிப்பு நிலை (generalised anxiety disorder), தவிர்க்க முடியாத கட்டாயப்படுத்தப்படும் நிலை (obsessive compulsive disorder), காயத்தைத் தொடர்ந்து ஏற்படும் இக்கட்டான நிலை (post traumatic stress disorder) போன்றவை.

வெறுப்பு நிலையில் பொது இட மருட்சி (agrophobia), சமுதாய மருட்சி (socialphobia), எளிய மருட்சி (simple phobia) என்பன போன்ற நோய்களும் உண்டாகலாம்.

- சுவயம் ஜோதி

ஏடன் வளைகுடா

இது அரபிக்கடல் செங்கடல் இவற்றிற்கு இடையிலும் தென் ஏடன், சோமாலி குடியரசு நாடு இவற்றிற்கு இடையிலும் அமைந்துள்ள ஆழமான பகுதியாகும். இது பாப்-எல்-மாண்டெப் எனும் நீர்ச்சந்தி மூலம் செங்கடலுடன் இணைந்துள்ளது. ஏமன் நாட்டின் துறைமுகப்பட்டினமாக ஏடனின் பெயரை இவ்வளைகுடா தாங்கியுள்ளது. இவ்வளைகுடா தனது மேற்குப் பகுதியில் டாட்ஜோரா என்னும் சிறிய வளைகுடாவைக் கொண்டுள்ளது. சுமார் 5,30,000 சதுர கி.மீ. பரப்புடைய ஏடன் வளைகுடா வடகிழக்கிலிருந்து தென் மேற்கு வரை சுமார் 1,472 கி.மீ. நீளமும், வடக்கு-தெற்காக 480 கி.மீ. பெரும அகலமும் உடையது. இந்தியப் பெருங்கடலின் கீழ் படிந்துள்ள மலைத்தொடரின் ஒரு பகுதியான ஷேபா மலைமுகடு இவ்வளைகுடாவின் நடுவில் காணப்படுகிறது. இவ்வளைகுடாவில் 5,360 மீ. ஆழமுள்ள அலுலா-ஃபார்ட்டக் அகழியும், டாட்ஜோரா அகழியும் அமைந்துள்ளன. ஏடன் வளைகுடாவின்

மேற்பரப்பு நீரின் வெப்பநிலை 25° - 31°C ஆழமான பகுதியின் வெப்பமும், உவர்ப்பியமும் மேற்பகுதி நீரின் அளவைவிடக் குறைவாக உள்ளன. இவ்வளை குடாவில் ஏற்படும் நீர் மேலெழுச்சியின் விளைவாக, கடல் உயிரிகள் பெருமளவு காணப்படுகின்றன. மத்தி, அயிரை டால்ஃபின், டூனா (அலகு மீன்), சுறா ஆகியவை இங்கு மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இனப்பெருக்கக் காலத்தில் கடலாமைகளும் சிங்கிறால்களும் இவ்வளைகுடாவை வந்தடைகின்றன.

- ம.அ.மோகன்

ஏடி கூட்டியம்

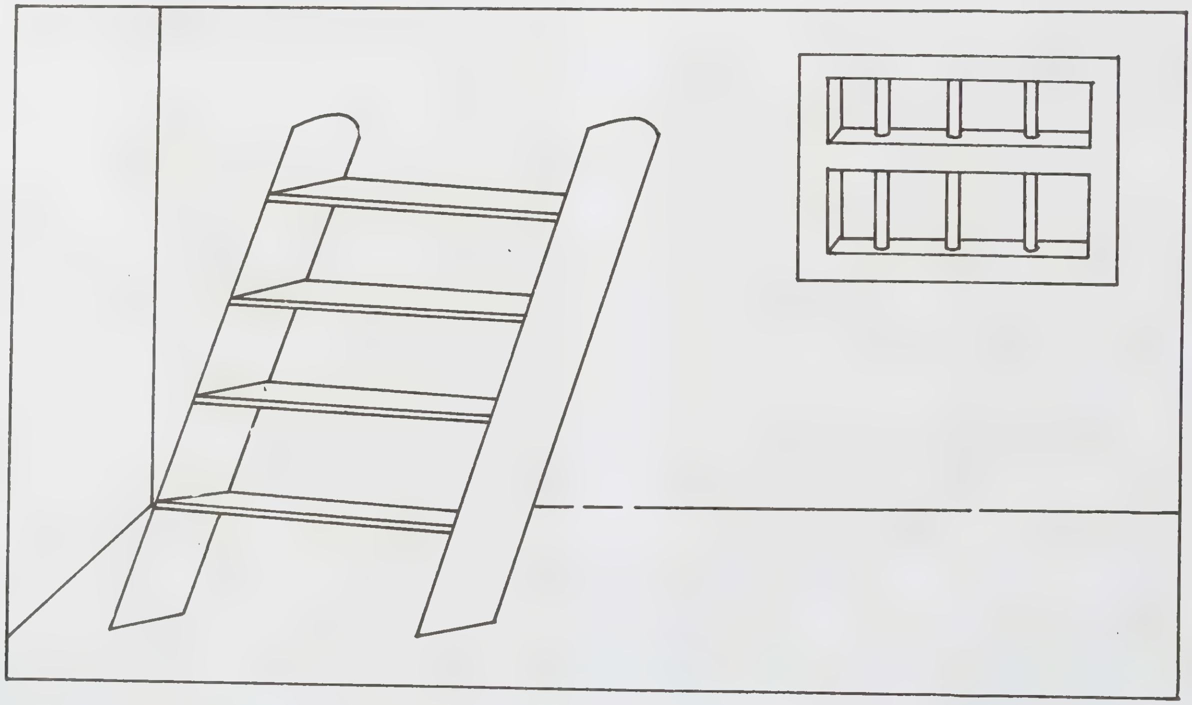
இந்நோயில் ஒளி கண்ணில் விழும்போது கண் பாவை சுருங்குவதில்லை. மேலும் பாவை குவிந்து இணைவதும், தகவமைவதும் தாமதமாகின்றன. ஒரு முறை பாவை சுருங்கினால் மிகவும் மெதுவாகவே விரிவடைகிறது. ஆகவே இந்த நோய் அர்கைல்-ராபர்ட்சன் கூட்டியத்தை ஒத்திருக்கும்.அர்கைல்-ராபர்ட்சன் கூட்டியத்தில் தகவமைவு காணப்படுகிறது. ஆனால் ஏடி (adie) கூட்டியத்தில் பாவை வடிவத்தில் மாறுபாடடைகிறது. ஒளிக்கேற்ப, உடனடியாக பாவை விரிவடைவதில்லை. இந்த இயல்பில்லா நிலை ஒரு பக்கம் மட்டுமே காணப்படுவதால் பாவைகள் ஒரே சீராக இரா. சில நேரம் எந்தப் பக்கப் பாவை தாக்கமுற்றுள்ளதோ அந்தப் பக்கத்தில், தசை நாண் அனிச்சைகள் காணப்படுவதில்லை. இதை ஹோல்ம்ஸ் ஏடி கூட்டியம் (Holme's-Adie syndrome) என்பர். அர்கைல் ராபர்ட்சன் பாவைக்கும், ஏடியின் பாவைக்குமுள்ள வேறுபாட்டைத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். கண் இமை இணைச் சவ்வினுள் தூய 2% மெதாகோலினைச் செலுத்தினால் ஏடியின் பாவை சுருங்குகிறது. ஆனால் ஆர்கைல் ராபர்ட்சன் பாவை சுருங்குவதில்லை. இந்த மெதாகோலின் இயல்பான பாவையைப் பாதிப்பதில்லை. ஏடியின் பாவை கொண்ட நோயாளிக்குப் பார்வை மங்கலாகத் தெரியும். இந்நோய் பொதுவாக 30-40 வயதுப் பெண்களையே தாக்குகிறது. தசை நாண் அனிச்சைகள் மறைவதால் இதை மேக நோய் தொடர்புடையதாகக் கருதலாம்.

- சாரதா கதிரேசன்

ஏணி

உயரமான இடங்களில் ஏற, இறங்க எளிய கருவியாக ஏணி பயன்படுகிறது. கட்டடங்கள் கட்டுவதற்கும் பழுதுபார்ப்பதற்கும், கட்டடத் துறையின் ஒவ்வொரு வளர்ச்சிக்கும் ஏணியின் பயன் எண்ணற்றது. தொழிலகம், மருத்துவமனை, நூலகம், தீயணைப்பு நிலையம், விமான நிலையம், விண்வெளி ஆய்வு நிலையம் போன்ற துறைகளிலும் ஏணிகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

பயன்படுகின்ற பல இடங்களின் செயல்பாட்டிற்கேற்ப ஏணிகள் செய்யப்படுகின்றன. மேலும்



அவ்விடங்களின் சூழ்நிலைக்குத் தகுந்தவாறு ஏணிகளைக் கட்டமைக்கின்ற பொருள்களும் மாறுபடுகின்றன. ஏணிகள் மூங்கில், மரம், உலோகம், கயிறு ஆகிய பொருள்களைக் கொண்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. இரு பெரிய கம்பங்கள் (தூண் போன்ற அமைப்புகள்) சிறிய இணையான கழிகளின் இரு முனைகளிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.

தீயணைப்புப் படை வீரர்களுக்கு வெள்ளப் பெருக்கு, தீ, ஆகிய காலங்களில் மடக்கு ஏணிகள் மிகவும்பக்கபலமாகப் பயன்படுகின்றன. இவ்வேணிகள் எந்திரக் கட்டுப்பாட்டினால் உயரமான இடங்களுக்கு மிகஎளிதாகவும் பாதுகாப்பாகவும் ஏற்றப்பட்டு, உயிர் பாதுகாப்பில் முக்கிய இடம் பெறுகிறது. இவ்வேணிகளைத் விரைவாகப் பல இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லத் தனியான ஊர்திகள் இருக்கின்றன.

அடுக்கு ஏணி என்ற வகையில் இரண்டு ஏணிகள் ஒன்றன் மீது ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டுச் செயல்படுகின்றன. இவ்வேணிகள் சற்று உயரமான இடங்களில் பயன்படுகின்றன.

படிக்கட்டு ஏணிகள் குறுக்குக்கழிகளுக்கு மாறாகப் பலகைகள் கொண்டு சாய்வுநிலைப் பலகைகளில் இணைக்கப்பட்டு அமைக்கப்படுகின்றன. இச்சாய்வு நிலைப்பலகைகளின் மறுபுறம் இரண்டு செங்குத்தான நிலைப்பலகைகள் தாங்குகின்றன. இவற்றின் உச்சியில் ஒரு நீளச் செவ்வகப் பலகை உறுதியாக ஏணியையும் அதன் தாங்கியையும் இணைக்கிறது. இந்தப் படிக்கட்டு ஏணிகள், விமானத் தளங்களில் விமானங்களில் ஏற, இறங்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. படிக்கட்டு ஏணி சக்கரங்கள் பொருத்தப்பட்டு, எல்லா இடங்களிலும் எளிதாகக் கொண்டு செல்ல ஏதுவாகிறது.

கயிற்றேணிகளில் கழிகளின் இரு முனைகளும் கயிறுகளால் இணைக்கப்பட்டு அமைக்கப்படுகின்றன. இவ்வேணிகள் மலை ஏறுதல், சர்க்கஸ் கூடாரம், கட்டடத் துறை, கப்பல் இவற்றில் மிக உயரத்தில் இணைக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இதனை நூலேணி என்பர்.

ஏணிகள் மனிதவர்க்கத்தின் வளர்ச்சியிலும், பாதுகாப்பிலும் மிக முக்கிய பங்கு வகிப்பதால் இவற்றின் அமைப்பு முறையில் மிகு கவனம் தேவை.

சுவர் ஏணி. கிணறு, நீர்த்தொட்டி கழிவறைக் குழாய்இவற்றைக் கட்டி அமைக்கும்போதுஇவ்வேணியின் அமைப்புகளையும் சேர்த்து அமைக்கின்றனர். இவ்வகை ஏணிகள் அடிக்கடி பயன்படுவதால், நிலையாகச் சுவர்களில் பதிக்கப்படுகின்றன.

-க. ஜெகதீசன்

ஏப்டெரிஜிஃபர்மிஸ்

காண்க: பறக்கவியலாப் பறவை

ஏப்பையார்னித்திடியா

யானைப் பறவைகள் என்னும் பறக்க இயலாப் பறவைகள் ஏப்பையார்னித்திடியா (Aepyornithidea) என்னும் வரிசையைச் சேர்ந்தவை. இந்த வரிசை, பறவைகள் வகுப்பில், நியார்னித்திஸ் உள்வகுப்பில் பேலியோநேத்தே என்னும் மேல் வரிசையின் கீழ் வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ளது. யானைப் பறவைகள் குவார்ட்டர்னரி காலத்தில் (quarternary period) மடகாஸ்கரில் வாழ்ந்தன என அறியப்படுகிறது. முல்லெரார்னிஸ், ஏப்பையார்னிஸ் ஆகிய பறவைகளின் புதைபடிவங்கள் சுமார் இரண்டு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முந்தைய படிவுப் பாறைகளில் கிடைக்கின்றன. இவை நெருப்புக் கோழியைப் போன்ற தோற்றம் பெற்றிருந்தன. சுமார் ஏழு மீட்டர் உயரமும், நீண்ட வலுவான கால்களும் பெற்றிருந்தன. கால் ஒவ்வொன்றிலும் நான்கு விரல்கள் காணப்பட்டன. இப்பறவைகள் பறக்கும் திறனற்று மிகச்சிறிய சிறகுகள் மட்டுமே கொண்டிருந்தன. இவற்றின் தடித்த, முட்டை ஓடுகள்

மடகாஸ்கரில் வாழும் மக்களால் இன்றும் பாத்திரங்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த முட்டை ஓடுகள் 30 செ.மீ. நீளமும். 8 லிட்டர் கொள்ளவும் உடையவை. இப் பறவைகள், ஆப்பிரிக்க நெருப்புக் கோழிகளோடு நெருங்கிய தொடர்புடையவை; இவை அண்மைக் காலத்தில் முற்றிலும் அழிந்து விட்டன.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஏபெல், நெய்ல்ஸ் ஹென்ரிக்

நவீன கணித வளர்ச்சிக்கு வழிகோலிய கணிதவியலார் நெய்ல்ஸ் ஹென்ரிக் ஏபெல் (Niels Henrik Abel) நார்வேயிலுள்ள ஸ்ட்ராவஞ்சருக்கு அருகில் உள்ள ஃபின்னாய் தீவில். 1802 ஆம் ஆண்டு பிறந்தார். அந்நாட்டில் தென்கிழக்குப் பகுதியில் உள்ள ரிசார் நகருக்கு அருகில் உள்ள கெஜெர்ஸ்டாட்டில் வளர்ந்தார். இவர் 1815 ஆம் ஆண்டு ஆஸ்லோவில் உள்ள கத்தீட்ரல் பள்ளியில் தமது படிப்பைத்

தொடங்கினார். 1818 ஆம் ஆண்டு வரை இவருக்குக் கணிதத்தில் எவ்வித ஈடுபாடும் ஏற்படவில்லை. அப் பள்ளியின் ஆசிரியராக ஹோல்ம்போ என்பார் வந்த பின், சொந்தமாகத் தீர்வு காண்பதற்குரிய கணக்குகளை வகுப்பில் தந்து, கணிதத்தின் மீது ஏபெல்லிற்கு ஈடுபாட்டை உண்டாக்கினார். பிற்காலத்தில் கணித அறிஞரான ஜேகோபி போன்ற இளைஞர்களுடன் இணைந்துஏபெல் முதன் முதலில் இயல்கணித முறையில் ஐந்தாம் படிச் சமன்பாட்டிற்குத் தீர்வு காணமுயன்றார்.

கிறிஸ்டியன்னா பல்கலைக் கழகத்தில் 1821 ஆம் ஆண்டில் மேற்படிப்புக்காகச் சேர்ந்தார். அங்கு ஆயிலர் லாகிரேஞ், லெஜெண்டர் ஆகியோரது ஆராய்ச்சியை நுணுக்கமாக ஆய்வு செய்தார். இவர் முதன் முதலில் 1823 ஆம் வருடம் தமது ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையை வெளியிட்டார். இவருடைய ஆர்வத்தையும், அறிவின் நுணுக்கத்தையும் அறிந்த அந்நாட்டு அரசு அவருக்கு உதவித் தொகை அளித்து, மேற்படிப்புக்காக ஜெர்மனி, ஃபிரான்ஸ் போன்ற நாடுகட்குச் செல்ல உதவியது. ஐந்தாம் படிக இயற்கணிதச் சமன்பாட்டை (algebraic equation) மூலங்களின் மூலம் தீர்வு காண முடியாது என்பதனைக் கட்டுரையாக எழுதி வெளியிட்டார். 1825-26 இல் பெரிலின் நகரில் தங்கியிருந்தபோது தமது நெருங்கிய நண்பரான, ஆகஸ்ட் லீயோபால்ட் கிரெல்லி, ஸ்டெய்னர் ஆகியோரைச் சந்தித்தார். ஏபெல்லும், ஸ்டெய்னரும் தந்த அன்பான ஊக்கத்தினால் தனிப் பயன்பாட்டுக் கணித இதழ் (journal of pure and applied mathematics) என்ற ஆய்விதழை கிரெல்லி 1826 ஆம் ஆண்டு துவக்கினார். அதில் ஏபெல்லின் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் வெளியிடப் பட்டன.

முடிவிலாத்தொடர், சார்புகள், தொகைக் கணிதம் பற்றியும் வெளியிட்டார். சிறிது காலம் அவர் பெர்லினை விட்டு ஃபிரேபர்க் சென்றிருந்த போது அவரது வேலை சிறிது தடைப்பட்டது. அங்கு அதிபிய நீள்வட்டச் சார்புகளைப் பற்றியும், அபிலியன் சமன்பாடுகள் பற்றியும் ஆய்வு செய்தார். ஐந்தாம் படிச் சமன்பாட்டின் தீர்வு காண முடியாத கட்டுரைக்கு காஸ் எந்தவித முக்கியத்துவமும் கொடுக்காததால் அவர் காஸ்ஸை சந்திக்காமலேயே ஜெர்மனியிலிருந்து பாரிஸ் சென்றார். பாரிஸில் தங்கியிருந்தபோது டிரிச்லெட், லெஜெண்டர், கோஷி இவர்களுடன் பலரைச் சந்தித்தும் தன்னடக்கத்தினால் தமது வேலை பற்றியும், வெளியிட்ட கட்டுரை பற்றியும் எதுவுமே அவர்களிடம் கூறாமல் இருந்து விட்டார். மீண்டும் பெர்லின் வந்து கிறிஸ்டியன்னாவில் சிறிது காலம் தங்கித் தனியாகச் சிலருக்குப் பாடம் கற்பித்தார். கிரெல்லி, பெர்லின் நகரில் ஏபெல்லுக்கு ஒரு வேலை வாய்ப்பை ஏற்படுத்தித் தந்தார். ஆனால் அச்செய்தி ஏபெல்லை அடையும் முன்பே அவர் தம் இருபத்தி ஆறாம் வயதிலேயே பிரோலாண்டில் 1829 ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் திங்கள் காலமானார்.

ஏபெல் கட்டுரைகளை வெளியிட்ட அதே நேரத்தில் ஜகோபி, நீள்வட்டச் சார்புகளைப் பற்றிய கட்டுரைகளை வெளியிட்டார். லெஜெண்டருக்கு மிகவும் விருப்பமான, இத்தனை நாளும் கவனிக்கப்

படாமல் இருந்த புதிய பகுதி, கண்டுபிடிப்புகளினால் தீவிரமடைந்தது. முதல் வகை நீள்வட்டத் தொகையினைத் (elliptic integral) தலைகீழாக மாற்றி அதனையே நீள்வட்டச் சார்புகளாக ஏற்றுக் கொள்ளலாம் என்பதை ஏபெல் கண்டறிந்தார். இதனையே சில மாதங்களுக்குப் பின் ஜகோபியும் கண்டறிந்தார். முக்கோணச் சார்புகளும் (trigonometric functions), அடுக்குக்குறிச் சார்புகளும் (exponential functions) இதனை ஒத்திருப்பதை இருவருமே தனித்தனியாகக் கண்டனர். முக்கோணச் சார்புகள் உண்மைக் கால வட்ட ஒழுங்கும், அடுக்குக்குறிச் சார்புகள் கற்பனைக் காலவட்ட ஒழுங்கும், நீள்வட்டச் சார்புகள் இரண்டு வகையான கால வட்ட ஒழுங்கும் உடையன எனவும் கண்டனர். நீள் வட்டச் சார்பை முடிவிலாத் தொடராகவும் அல்லது முடிவிலாப் பெருக்கலின் ஈவாகவும் எழுதமுடியும் எனவும் கண்டறிந்தார். நீள்வட்டச் சார்பில் ஏபெல் கண்டவையே இப்போது ஏபெலியன் சார்புகள் என வழங்கப்படுகின்றன. இச்சார்பு பற்றிய தேற்றம் இவர் பாரீஸ் நகரை அடைந்தவுடன் ஃபிரெஞ்ச் கல்விக் கழகத்தில் கொடுத்தார். அதனை ஆராய்ந்த கோஷி, லெஜெண்டர் ஆகிய இருவரும் ஏபெல் இறக்கும் வரை இதுபற்றி எந்தவிதமான கருத்தும் தெரிவிக்காமல் இருந்து விட்டனர். ஒரு படி சரியாகவும் தெளிவாகவும் எழுதப்படுவதற்காகத் திருப்பி அனுப்பப்பட்டபோது ஏபெல் அதைச் சரி செய்து அனுப்பாமலேயே இருந்துவிட்டார். 1841 ஆம் ஆண்டு வரை அக்கட்டுரை வெளியிடப்படாமலேயே இருந்தது. கடைசியில் அவரது கோட்பாடு பிறர் அறியுமுன்னரே காணாமல் போய்விட்டது.

ஏபெலின் தொகை ஒரு விகிதமுறாச் சார்பு y ஐச் சார்ந்திருக்கும். இந்த y, x வுடன் $F(x,y)=0$ என்ற சமன்பாட்டின் தொடர்பு கொண்டிருக்கும். இவ்வகையான தொகைகளின் கூட்டுத் தொகையை ஒரு குறிப்பிட்ட எண் P தொகைகளினால் குறிப்பிட முடியும் என எபெல் தேற்றம் கூறுகிறது. இங்கு P என்பது $F(x, y)=0$ என்ற சமன்பாட்டின் பண்புகளைப் பொறுத்திருக்கும். பின்னர் இந்த P என்பது $F(x, y)=0$ இன் குறை (deficiency) எனக் காட்டப்பட்டது. நீள்வட்டத் தொகைகளின் கூட்டல் தேற்றம் ஏபெல் தேற்றத்திலிருந்து மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

ஏபெல்லினால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட மிகு நீள்வட்டத் தொகைகள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கால வட்ட ஒழுங்குடையன என அவராலேயே மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. ஏபெல்லின் கட்டுரைகளில் ஒன்று ஹோம்போலினால் 1839 ஆம் ஆண்டும், இரண்டாம் கட்டுரை சைலோ, லெய் என்போரால் 1881 ஆம் ஆண்டும் வெளியிடப்பட்டன.

- ஞா. பங்கயச்செல்வி

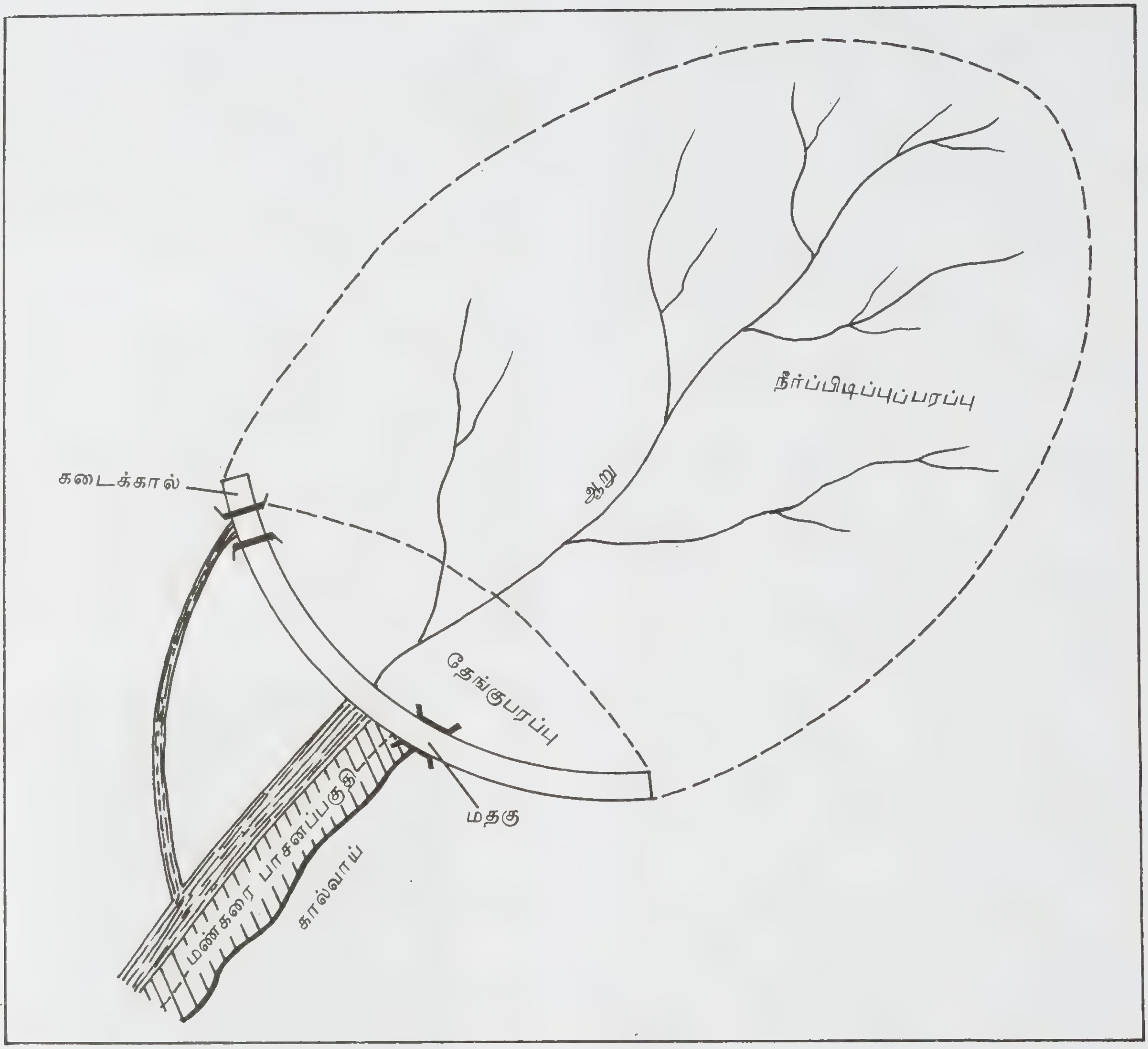
ஏரி

மண்ணில் விழும் மழைநீர் ஆறுகள் மூலம் கடலில் கலக்குமுன் குடிநீர், வேளாண் போன்ற பயன்பாடுகளுக்காக அதனைத் தடுக்கும் பொறியியல் கட்டுமான, அமைப்பே ஏரியாகும். ஆண்டு முழுதும் பரவலாக மழை இல்லாமல் குறிப்பிட்ட காலங்களில் மட்டும் பெய்யும் மழைநீரைத் தேக்கி வைத்து ஆண்டு முழுதும் பயன்படுத்த ஏரி உதவுகிறது. பொதுவாக ஏரியின் முக்கிய பயன் பாசனமாகும்.

கரை, கடைகால், மதகு, கால்வாய் போன்ற ஏரியின் முக்கிய பகுதிகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஏரியின் நீர்ப்பிடிப்பு, தேங்கு பரப்பு, பாசனப் பகுதி ஆகிய பிரிவுகளும் படம் 2 இல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. ஏரியின் கரை பொதுவாக மண்ணால் ஆனது. மண் ஏரிக்கரையின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தை இரு பெரும் பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்: அவை நடுப்பகுதி நீர்க்கசிவற்ற களிமண் பகுதி, அதைச் சுற்றியுள்ள நீர்க்கசியும் பகுதி என்பன. கரையின் உட்புறப்பகுதியில் கற்கள் அடுக்கப்பட்டிருக்கும். கரையின் வெளிப்பகுதியில் புற்கள் பதிக்கப்படும், நீர்க்கசிவுத் தன்மைக்கேற்ப கரையின் முன், பின் சாய்மானங்கள் திட்டமிடப்படுகின்றன. கரை தரையில் பலமாக அமையப் பிடிப்புப் பள்ளங்கள் உண்டு. கரையின் ஊடாகக் கசியும் நீர் கரையினுள் தங்காமல் உடனே வெளியேற வேண்டும். இல்லையேல், நீர் தங்கிய கரையின் பலம் குறையும். இதற்காக, சிறு கற்குவியல் கொண்ட நீர்க்கசிவு வடிதளம் கரையின் வெளிக்காலில் அமைக்கப்படுகிறது. கரையுள் ஊடுருவும் கசிவு நீரை வெளியேற்ற கசிவு நீர்க் கால்வாய் கரையை ஒட்டி அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

ஏரியின் கொள்ளளவுக்கு மேல்வரும் வெள்ளத்தை வெளியேற்ற கலிங்கு அமைக்கப்படுகிறது. இது கற்களாலும், கற்காரையாலும் கட்டப்படுகிறது. இதன் நீளம் வெளியேற்றப்பட வேண்டிய வெள்ளத்தின் அளவைப் பொறுத்தமையும். இதன் பின்புறம் கற்களாலும், கற்காரையாலும் அமைக்கப்படும். கலிங்கு மேல் வழியும் நீர் மண் அரிப்பின்றிச் செல்லப் படிமானதளங்கள் உதவுகின்றன. கலிங்கு பெரும்பாலும் ஏரிக்கரையின் ஓடைப்பகுதியை ஒட்டியே அமைக்கப்படும். அன்றி வேறிடத்தே அமைக்கப்பட்டால் கலிங்கு மூலம் வெளியேறும் நீர் சிறு கால்வாய் மூலம் ஆற்றில் கலக்கிறது. ஏரியின் தன்மைக்கேற்பக் கலிங்குகள் பலவிதமாக அமைக்கப்படுகின்றன.

மதகுகள் ஏரிக்கரையில் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இடங்களில் அமைக்கப்படும். இவை ஏரியின் நீரைக் கால்வாய்களுக்குப் பாய்ச்ச உதவுகின்றன. மதகுக் குழாய்கள் கல் அல்லது கற்காரையால் அமைக்கப்படும். அவற்றின் மூடிகள் மரக்கட்டை

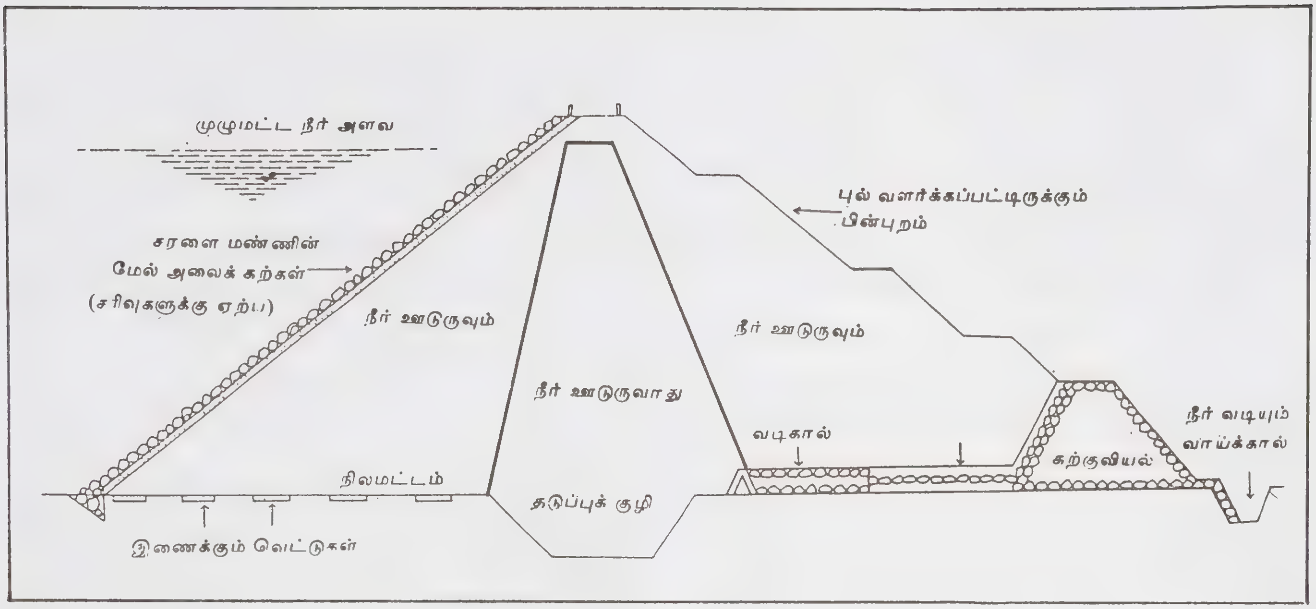


ஏரி அமைப்பு

அல்லது மரப்பலகையால் அமைக்கப்படுகின்றன. மதகு அமைப்பிடம் பாசனத் தேவைகளுக்கேற்ப, தக்க அளவீடுகளுடன் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

மதகிலிருந்து வெளியேறும் நீர் கால்வாய் மூலம் பாய்கிறது. கால்வாய்கள் ஒருபுறப்பாசனம் அல்லது இருபுறப்பாசனம் கொண்டனவாக இருக்கும். கால்வாயில் ஆங்காங்குள்ள மதகுகள் மூலம் நிலத்திற்கு நீர் பாய்ச்சப்படுகிறது.

ஓர் ஏரியின் திட்டம் பல நிலைகளில் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. புலஆய்வுநிலை, கட்டுமான நிலை, பேணல் நிலை ஆகிய மூன்று நிலைகளில் ஏரித்திட்டம் ஆய்வுசெய்யப்பட்டு நடைமுறைப்படுத்தப்படுகிறது. ஆய்வுநிலையில் ஏரிகட்டுமிடம். நீர்ப்பிடி பரப்பு, நீர்க்கொள்ளளவு, தேங்கு பரப்பு பாசனப் பகுதிநிலம் பற்றிய விவரங்கள் மதிப்பிடப்படுகின்றன. இவற்றிற்காக நிலத்தன்மைகள் போன்ற விவரங்கள் திரட்டப்படுகின்றன. பின்னர் ஏரித்திட்டம் விளக்கப் படங்களுடன் மதிப்பீடு செய்யப்படுகிறது. இந்த ஆய்வு தொடக்கநிலை, முற்றுநிலை என்ற இரு நிலைகளில் நில அளவு செய்யப்பட்டு மதிப்பீடு செய்யப்படுகிறது. கட்டுமான நிலை திட்டமிடப் பட்டுச் செயல்படுத்தப்படுகிறது. கட்டப்பட்ட ஏரியின் செயல்பாட்டுக்கு ஊறு நேராவண்ணம் அது பேணப்



படம் 2. மண் அணையின் குறுக்கு வெட்டுத்தோற்றம்

பட வேண்டும். அளக்கைக்கு மரபு முறையோ, தொலை உணர்வு முறையோ பின்பற்றப்படலாம்.

எல்லாச் சிற்றாறுகளிலும் அணை கட்டி வாய்க் கால் எடுத்து ஏரிகளை நிரப்பிப் பாசனம் செய்யும் முறை வழக்கில் உள்ளது. ஓர் ஏரி நிரம்பி வழியும் நீர் அடுத்த ஏரியை நிரப்பும் வகையில் பல ஏரிகள் ஒரு தொகுப்பாக அமைகின்றன. அவை ஏரித் தொகுதி என வழங்கப்படும்.

ஏரியின் கட்டகத்தில் மதகு வைக்காமல், தேங்குகின்ற நீர் அனைத்தும் மண் வழியே கசிந்து அருகிலுள்ள கிணறுகளில் ஊறுமாறும் செய்யலாம். இதனைக் கசிவு நீர்க் குட்டை என்பர். பெரும்பாலும் வறட்சிக் காலங்களில், வேலையில்லா விவசாயிகளுக் குக் கூலிகொடுக்கும் ஏற்பாடாக இவ்வகைக் குட்டை கள் மிகுதியாக அமைக்கப்படுகின்றன.

- வை. குருசாமி

ஏரிச் சூழலமைப்பு

காண்க:. தேங்கும் நீர் சூழலமைப்பு.

ஏலம்

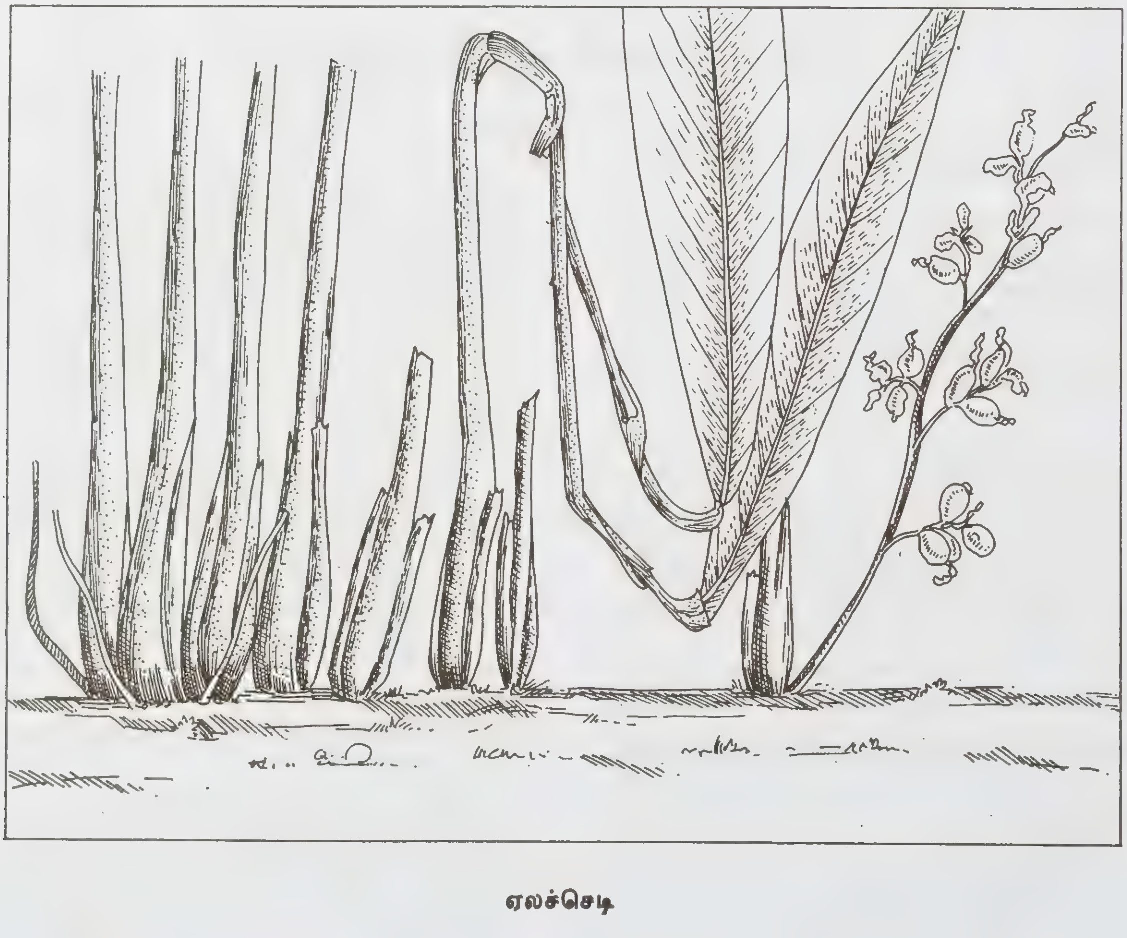
இதன் தாவரவியல் பெயர் எலிடேரியா கார்டமோமம் (*elettaria cardomomum*). இது ஜின்ஜிபெரேசி எனப் படும் ஒரு வித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். இதன் தாயகம் ஈரவெப்பமண்டலத் தென்னிந்தியப் பகுதியாகும். மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையில் கடல் மட்டத்திற்கு மேல் 800-1800 மீ வரையுள்ள காடு களிலும், இலங்கையிலும் ஏலம் தன்னிச்சையாக வளர்கிறது.

வகைப்பாடு. ஜின்ஜிபெரேசி குடும்பத்தைச் சேர்ந்த பல சிற்றினங்களின் காய்ந்த காய்களே வணிக உலகில் ஏலம் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இதை இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (அ) சிறுஏலம் lessor cardomomum) (ஆ) பெருஏலம் (greater car domom) இவற்றுள் வணிக அடிப்படையில் முன்னது மிகவும் சிறப்பு வாய்ந்தது. இந்திய மணமூட்டும் பொருள்களில் இரண்டாம் இடத்தைப் பெறும் இதனை மணமூட்டும் பொருள்களின் அரசி என்று குறிப்பிடுகின்றனர்.

தாவரவியல் அடிப்படையில் ஏல வகைகளை இனங்கண்டுகொள்வதில் பல சிக்கல்களுள்ளன. தற் காலத்தில் இது பின்வருமாறு வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளது.

I, ஏலம் - (ஆஃப்ரமோம் சிற்றினம்)	
அ. ஆஃப்ரமோம் அங்கஸ்டிஃபோலியம் (Aframom angustifolium)	— மடகாஸ்கர் ஏலம்
அ. ஆ. ஹன்பர்யி (A. hanburyi)	— கேமரூன் ஏலம்
இ. ஆ. கொரேரிமா (A. korarima)	— கொதேரிமா ஏலம்
ஈ. ஆ. மெலிகிட்டா (A.melequeta)	— கினி ஏலம்,
II. பெரிய ஏலம் — (அமோமம் சிற்றினம்)	
அ. அமோமம் அரோமேடிகம் (Amomum aromaticum)	— வங்காள ஏலம்
ஆ. அ. கெபுலகா (A. kepulaga)	— சயாம் (அ) உருண்டைஏலம்
இ. அ. கிரிர்வான்	— கம்போடியா ஏலம்
ஈ. அ. சுபுலேட்டம் (A. supulatum)	— நேபாள ஏலம்
III. சிறிய ஏலம் — (எலிட்டேரியா சிற்றினம்)	

அ. எ. **கார்டமம்**. மலபார் அல்லது இலங்கை ஏலமே உண்மையான ஏலமாகும். மேலும் இதில் இருவகைகள் சாகுபடி செய்யப்படுகின்றன. எ. கா. மேஜர்(*E. C, var major*) என்பது இலங்கையின் தன்னிச்சை வகையாகும். நீண்ட ஏலம் என்னும் இதன் மஞ்சரிகள் நேராகக் காணப்படும். எ.கா. மைனர் (*E.C. Var. minor*) என்பது சாகுபடி செய்யும் அனைத்து வகைகளையும் குறிக்கும். இதன்



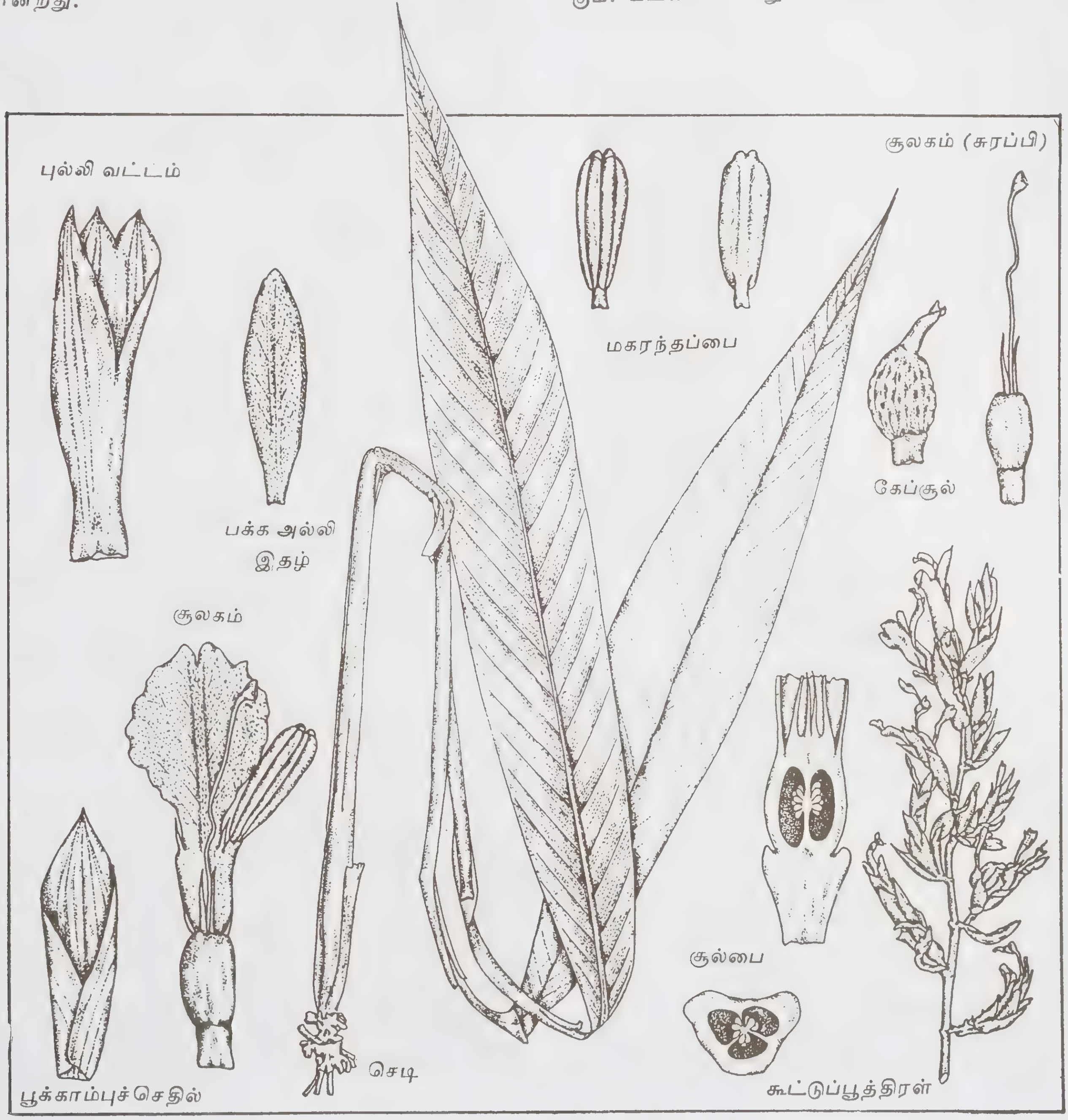
ஏலச்செடி

பஞ்சரிகள் தரையில் கிடையாக அமைந்திருக்கும். கேரளம், மைசூர் ஏல வகைகள் இப்பிரிவைச் சேர்ந்த வையாகும்.

வளரியல்பு. ஏலம் ஒரு பல பருவச் செடி. இதன் தரைக் கீழ்த்தண்டு, கிளைத்த கிடைத்தண்டாகும். தரை மேல்பகுதி கொத்தாக அமைந்து 3-6 மீ. வரை வளரக்கூடிய தண்டுகளைக் கொண்டதாகும். இதன் இலைகள் தனித்தவை; மாற்றிலையடுக்கு அமைப்பு; பட்டை, இலைக்காம்பு, இலைப்பரப்புக் கொண்டது. இலை 50-100 செ.மீ. நீளமுள்ளது; ஈட்டிமுனை போன்றது.

மஞ்சரி. நீண்ட கூட்டுப்பூத்திரள் (panicle) கிடைத் தண்டிலிருந்து தரைமட்டத்தில் கிளம்பி நேராகவோ தரைமீதோ அமைந்திருக்கும். மஞ்சரிக்காம்பு 50-100 செ.மீ. நீளமிருக்கும், ஒரு பூவடிச்செதிலில் 2-7 மலர் களிலிருக்கும். பூக்காம்புச் செதில்கள் சவ்வு போன்றி ருக்கும்.

மலர். இருபால் பூக்கள், ஒழுங்கற்றவை, இரு பக்கச்சமச்சீர்; 3 அங்கப் பூக்கள். புல்லிவட்டம் சவ்வு போன்றது; குழல் வடிவம் கொண்டது; நுனியில் இரண்டாகப் பிளவுபட்டிருக்கும். அல்லிவட்டம் அடியிலிணைந்து நுனியில் 3 மடல்களாகப் பிரிந்திருக் கும். மடல்கள் மாறுபட்டவை.



மகரந்தத்தாள். மலட்டு மகரந்தத்தாள்கள் இரண்டும் சிறு பற்கள் போன்றவை. அகன்ற அல்லி போன்று உருமாறிய உதட்டு மகரந்தத்தாள் ஆகும். மகரந்தத்தாள் குறுகிய மகரந்தத்தாள் காம்பு கொண்டது.

சூலகம். சூலிலைகள் சூலறைகள் மூன்றும் இணைந்தவை.

கீழ்மட்டச் சூலகம். பல சூல்கள் அச்சொட்டு முறையில் அமைந்தவை.

சூல்தண்டு. நூல்போல் நீண்டு மகரந்தப் பைகளுக்கிடையே நுழைந்து வெளிப்படும். சூல்முடி புனல் வடிவம் கொண்டது.

கனி. உருண்டை வடிவ வெடிகனி ஆகும்.

விதை. நீள்வட்டமாகவும் முனைகளுடன், ஆழ்ந்தும், மணமுள்ளதாகவுமிருக்கும். முளை சூழ் தசையும், முளைப்பை சூழ்தசையும் கொண்டது.

சாகுபடி. ஏலச்சாகுபடி முறைகள் நிலத்திற்கேற்ப மாறுபடும். காட்டுச்செடியிலிருந்து காய்களைத் திரட்டிப் புதுச்செடிகளைத் தோற்றுவிப்பதுண்டு. பொதுவாக மூன்று சாகுபடி முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன.

குடகுமுறை அல்லது இடப்பெயர்ச்சி முறை. ஈர வெப்ப மண்டலக் காடுகளில் உள்ள மரங்களை நீக்கி விட்டு அங்கு ஏலம் பயிரிடப்படும்.

வட கர்நாடக முறை. இதில் ஏலத்திற்கு முதலிடம் தருவதில்லை. கர்நாடகாவில் ஷிமோகா மாவட்டங்களில் இம்முறை பின்பற்றப்படுகிறது. ஏலச்செடிகள் பாக்கு அல்லது மிளகுத் தோட்டங்களில் ஊடு பயிராகச் சாகுபடி செய்யப்படுகின்றன. நாற்றங்காலில் தயாரித்த நாற்றுகள் பாக்குமரங்களிடையே நடப்படும். இவ்வாறு கிடைக்கும் ஏலக்காய்கள் மூன்று பட்டைகளாக இருக்கும்.

மைசூர் முறை. வணிக முறையில் சாகுபடி செய்ய இதுவே தகுந்த முறையாகும். இந்திய ஏலத்தின் 90% இம்முறையில் சாகுபடி செய்யப்படுகிறது. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட காட்டுப் பகுதியில் உள்ள மரங்களில் சிலவற்றை நிழலுக்கு ஏற்றவாறு விட்டுவிட்டு, எஞ்சியவற்றை நீக்கிவிடுவர்.

சாகுபடிக் குறிப்பு. ஏலச்செடிகள் எப்போதும் சுமையாக இருக்கும் காடுகளில், 600-1500மீட்டர் குத்துயரம் வரை உள்ள பகுதிகளில் நன்கு வளரும். இச்செடிகளை நடுவதற்கு ஆகஸ்ட் - செப்டம்பர் மாதங்கள் ஏற்றவை. இதில் மைசூர், மலபார் வழுக்கா எனும் வகைகள் சிறப்பானவை. ஏலம் பெரும்பாலும் விதைகள் மூலமாகப் பெருக்கம் செய்யப்படுகிறது. இவ்வகை நாற்றுகளை நடும்போது மைசூர், வழுக்கா வகைக்கு, 1.5-2 மீட்டர் இடைவெளியும் மலபார் வகைக்கு 2-3 மீட்டர் இடைவெளியும் தேவைப்படும்.

செடிகள் நட்ட பின்னர் மே-ஜூன், ஆகஸ்ட்-செப்டம்பர், டிசம்பர்-ஜனவரி எனும் பருவங்களில் களை எடுக்க வேண்டும். இச்செடிக்கு உரமாக 75 கிலோ நைட்ராஜன் 75 கிலோ பொட்டாஷ், 150 கிலோ ஃபாஸ்பேட் தரும் உரங்களைச் சரிபாதியாகப் பிரித்து, மே-ஜூன், செப்டம்பர்-அக்டோபர் மாதங்களில் இடவேண்டும்.

விளைச்சல். நட்ட மூன்று ஆண்டுகள் கழித்தே செடிகள் பலன் தரத் தொடங்கும். நன்றாகப் பேணப்பட்ட தோட்டத்திலிருந்து ஏக்கருக்கு 45-70 கிலோ ஏலம் கிடைக்கும். 5-10, 15 ஆண்டுகள் வரை தொடர்ந்து நன்கு விளையும். ஏப்ரல்-மே மாதத்தில் பூக்கும் செடிகள் ஆகஸ்ட் வரை தொடர்ந்து பூக்கும். பொதுவாக ஜனவரியில் காய்கள் பழுக்கத் தொடங்கும். கனித்தோலின் நிறமாற்றத்தைக் கொண்டே காய்கள் பறிக்கும் பருவம் முடிவுசெய்யப்படும். காய்கள் பச்சை நிலையில் பறிக்கப்பட்டால் ஏலக்காய் சுருங்கித் தரம் குறைந்து விடும். ஆகவே அவை செங்காய் நிலையில் பறிக்கப்படும்.

பதனிடுதல். பறிக்கப்பட்ட காய்கள் மெழுகிய தரையில் சூரிய ஒளியில் அல்லது செயற்கை வெப்பத்தில் மூட்டம் போடப்படும். செயற்கைக் காய்ச்சலுக்கு நாற்பத்தெட்டு மணி நேரம் தேவைப்படும். கந்தக ஆவியில் வைப்பதால் காய்கள் சலவை செய்யப்படுகின்றன. வெள்ளை அல்லது சலவை ஏலம் தனி வணிகத்தரம் கொண்டதாகும்.

நோய். ஏலத்தில் இரு பெரும் நோய்கள் வருவதுண்டு. கோனியோ தைரியம் *(coniothyrium)* என்ற பூஞ்சையால் தோன்றும் இலைப்புள்ளி நோயும், கேட் மொஸயிக் *(katte-mossoic)* என்ற நோயும் ஏலச்செடிகளைப் பாதிக்கின்றன. இலைப்புள்ளி நோய், நாற்றுகளை மழைக்காலங்களில் தாக்கும். பூச்சிகளில் பேன்கள், கம்பளிப்புழுக்கள், தண்டு மற்றும் வேர் துளைப்பான், வேர் கிழங்கு வண்டு, அசுவணி ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை. இந்நோய்களையும், பூச்சிகளையும் தடுக்கத் தகுந்த பூஞ்சணப் பூச்சி மருந்துகள் தெளிக்க வேண்டும்.

பயன். ஏலம் நறுமணப் பொருளாகவும், சுவைப்பானாகவும் (masticatory) மருந்தாகவும் பயன்படுகிறது. சற்று விறுவிறுப்பான நறுமணமே ஏலத்தின் சிறப்புப் பண்பாகும். சமையல் பொருள்கள், தின்பண்டங்கள், பிஸ்கட், கேக் முதலியவற்றிக்கு மணம் கொடுக்க ஏலம் பயன்படுகிறது. சிலசமயம் மதுவிலும் இது சேர்க்கப்படுகிறது. கிழக்கிந்திய நாடுகளில் டீ, காஃபி போன்றவற்றில் ஏலத்தூளைச் சேர்ப்பார். மருந்தில் செரிப்புத் தன்மையைக் கூட்டும் பொருளாக இது செயல்படுகிறது. ஏலம், இஞ்சி, கிராம்பு, ஓமம் இவற்றின் சிறந்த மருந்தாகும். அமோமம் வகை

ஏலத்தின் விதைகள் ஏல அரிசி எனப்படும். இது உண்மை ஏலத்தின் மாற்றாகப் பயன்படுகின்றது.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

- உ. அஞ்சனம் அழகிய பிள்ளை

ஏவுகணை

எதிரிக்கப்பல், விமானம், வேவு பார்க்கும் செயற்கைக் கோள், எதிரிமுகாம் ஆகியவற்றை ஒரு சில நிமிடங்களில் சென்று தாக்கி அழித்திடவல்ல ஏவூர்தி ஏவுகணை(missile) எனப்படும்.

வரலாறு. கி. பி. 1232 இல் சீனர்கள், மங்கோலியரை எதிர்த்துத் தாக்கத் தீக்கணைகளை (fire arrows) வீசியுள்ளனர் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. கி.பி. 1792 இல் காரன்வாலிஸ் பிரபுவிற்கு எதிராக மைசூர் மன்னர் திப்புசுல்தான் நடத்திய ஸ்ரீரங்கப் பட்டினப் போரிலும் ஏவுகணைகள் போர்க்கருவிகளாகப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்வகை நவீன போர்க்கருவிகளைக் கண்ட ஆங்கிலேய வெடி மருந்து வல்லுநர் வில்லியம் கான்கிரீவ் என்பார் இத்தகைய ஏவுகணைகளைத் தயாரித்து, அவற்றை மூன்று கிலோமீட்டர் வரை ஏவி வெற்றி கண்டார். 1860 இல் நெப்போலியனுடன் நடந்தபோர்களிலும் ஏவுகணைகள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

விண்வெளி இயலின் தந்தை எனப் போற்றப் படும் கான்ஸ்டன்டின் சியோல் கோவ்ஸ்கி என்னும் சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் கணித ஆசிரியர், ஹெர்மன் ஓபர்த் எனும் ஜெர்மானிய கணிதவியலார், முதன்முதலாக நீர்ம உந்து எரிபொருளால் இயங்கும் ஏவூர்தி ஆய்வில் வெற்றிகண்ட அமெரிக்க இயற்பியல் பேராசிரியர் கொடார்டு என்பார் ஏவுகணை ஆய்வு மற்றும் வளர்ச்சியில் குறிப்பிடத்தக்கவர் களாவர்.

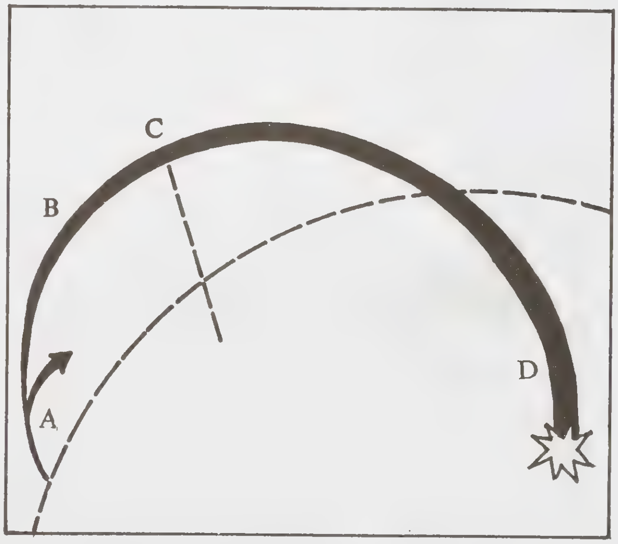
முதல் ஏவுகணை. போர்க்கருவியாகப் பயன்பட்டு வந்த சிறு களைகளைத் தவிர அளவில் பெரும் ஏவுகணையாக வரலாற்றுச் சிறப்பு எய்தியது ஜெர்மானிய A-4 என்ற ஏவுகணை ஆகும். 14 மீட்டர் நீளமும், 1. 65 மீ. விட்டமும் கொண்ட இக்கணை, ஏறத்தாழ 990 கி·கி. எடையுள்ள வெடிகுண்டுகளை 310 கி.மீ. தொலைவில் குறிபார்த்துச் சென்று வீசும் ஆற்றல் பெற்றது. இரண்டாம் உலகப் போரில் ஜெர்மனி தோற்றுப்போனதால் தன் A-4ஏவுகணைகளை அமெரிக்காவிடம் ஒப்படைக்க நேர்ந்தது. வெர்னர் வான் பிரான் தலைமையில் அமெரிக்காவை சென்றடைந்த அறிவியலார், பொறியியலாளர் V—2 என்ற புதுப்பெயரில் A—4 ஏவுகணையைச்சீர் அமைத்தனர்.

இதே காலக்கட்டத்தில் ரஷ்யாவில் உருவான கத்யூஷா எனும் நகரும் ஏவுதளம் புகழடைந்தது. M—13 எனும் ஏவுகணைகள் கத்யூஷாவிலிருந்து கிளம்பி, ஜெர்மன் நாசிப்படையை முறியடித்தன. இன்றும் பிரிட்டன், பிரான்ஸ், சீனா, ஜப்பான், இந்தியா போன்ற அனைத்து நாடுகளுமே ஏவுகணைத் தயாரிப்பில் கவனம் செலுத்தி வருகின்றன.

ஏவுகணை வகை. பாய்ந்து செல்லும் தொலைவிற் கேற்ப ஏவுகணைகளைக்குறுகியதொலைவு ஏவுகணை (short range missile), நீண்ட தொலைவு ஏவுகணை (long range missile), இடைத்தரத் தொலைவு ஏவுகணை (intermediate range missile) என வகைப் படுத்தலாம்.

குறுகிய தொலைவு ஏவுகணை. இது 1000 கடல் மைல் (1 கடல் மைல்= 1.8546 கிலோ மீட்டர்) தொலைவு வரை பாயக்கூடியது. அமெரிக்க போர்ப் படையின் கார்ப்ரால், ஹானஸ்ட் ஜான், சார்ஜெண்ட், ரஷ்யாவின் காமட் 1, M-100, RS-82, RS-132, பிரான்சின் எஸ். இ (SE), மாசல்கா ஏஏ(AA), சீனாவின் லாங்மார்ச், HN-5 C-101, HY-3, இங்கிலாந்தின் ஃபயர் ஸ்டிரிக், தண்டர்பேர்டு, கிளட் ஹவுண்டு, சீ ஈகிள், ஜப்பானின் பேகா, இந்தியாவின் பிரித்வி, திரிசூல், ஆகாஷ், சுவீடனின் RPS-15, இஸ்ரேலின் ஜெரிக்கோ, காப்ரியெல், நார்வேயின் பெங்குவின் Mk-3, போன்றவை குறுகிய ஏவுகணைகளாகும்.

நீண்ட தொலைவு ஏவுகணை. இது 5500 கடல் மைல் (10200 கி.மீ.) தொலைவு சென்று தாக்கவல்ல



படம் 1 ஏவுகணை பறக்கும் வழித்தடம்

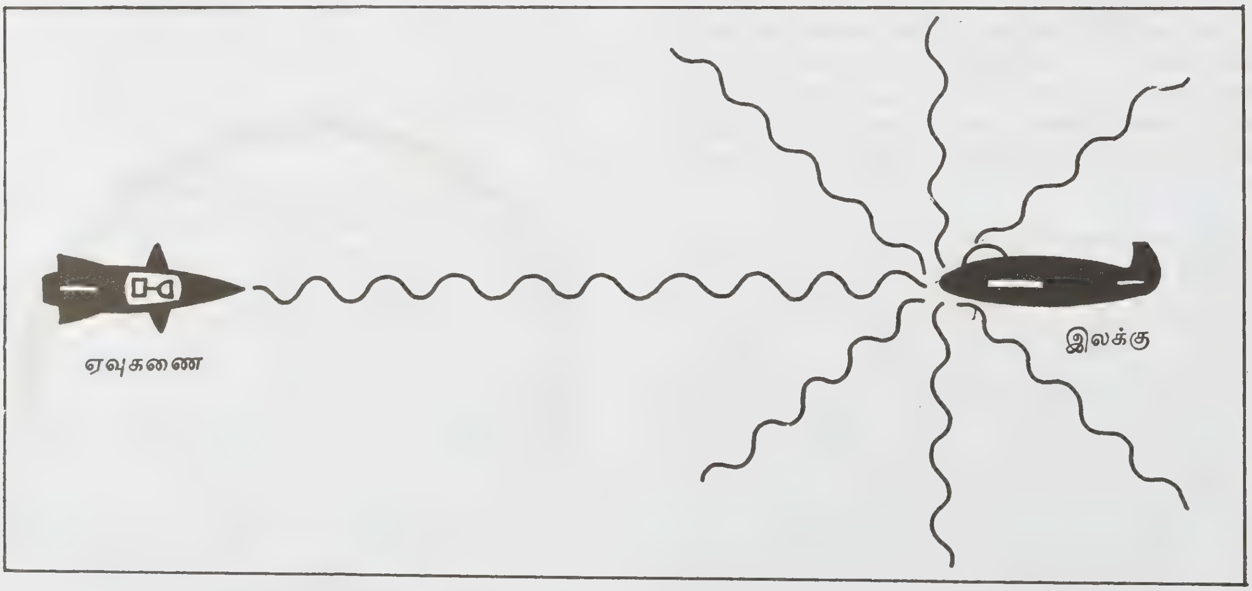
A — முதற்கட்டம் பிரிந்து விழுதல் B — ஏவுகணை தன் போக்கு C — புவி அப்பாற்புள்ளி D — இலக்கைத் தாக்குதல்

மிகப்பெரும் ஏவுகணை ஆகும். இவற்றின் முதல் கட்டத்தில் உந்தும் ஊக்கிப்பொறி (booster engine) இயங்குவதால் ஏவுகணை திறனூட்டப்படுகிறது. இத்திறனூட்டத் தறுவாயில் மட்டுமே, ஏவுகணை வழிப்படுத்தப்பட்டு கட்டுப்பாட்டுடன் வானுயரத்தில் புவி அப்பாற்புள்ளியினை எட்டி, பின்னர்-புவி ஈர்ப்புக்கு இணங்கிப் பரவளைவுப் பாதையில் சென்று இலக்கைத் தாக்கும் (இதன் பயண வழித்தடத்தைப் படம் 1 இல் காணலாம்). ஏவுகணை பறக்கும் போது ஒருகட்டத்தில் மட்டுமே வழிப்படுத்தப்பட்டு வீசப் படும். நீண்ட தொலைவு பாயக்கூடிய இக்கணை கண்டம் விட்டுக் கண்டம் பாயவல்லது. எனவே இதை இடைக் கண்ட வீச்சுக்கணை எனக் குறிப்பிடலாம். அமெரிக்காவில் அட்லஸ்,டைட்டன், மினிட்மேன், சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் வாஸ்டாக், காஸ்மாஸ், இங்கிலாந்தின் புளூஸ்ட்ரிக் போன்றவை இத்தகைய இடைக்கண்ட வீச்சுக் கணைகள் ஆகும்.

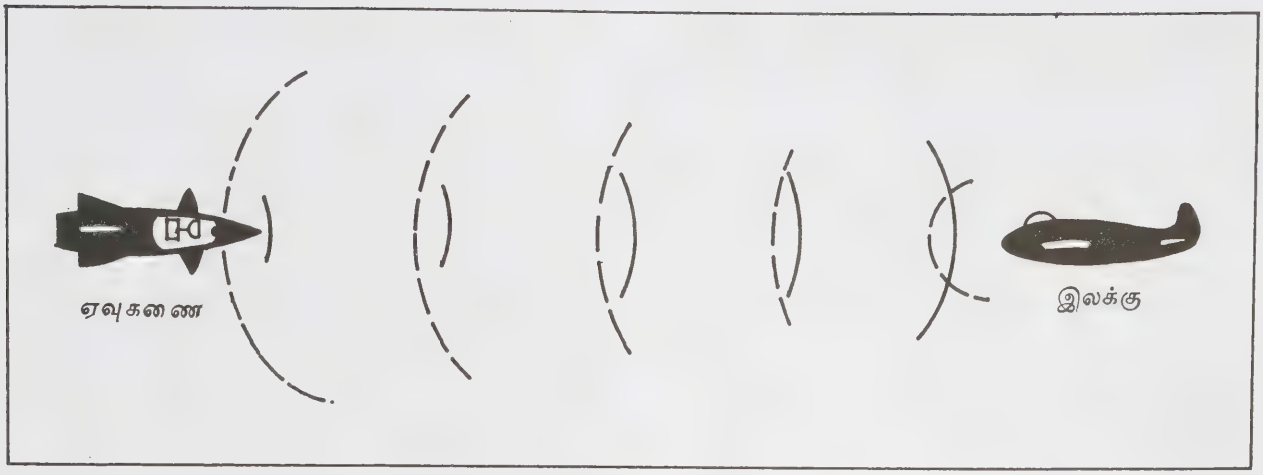
இடைத்தரத்தொலைவு கணை. ஏறத்தாழ 1500 கடல் மைல் (2800 கிலோ மீட்டர்) தொலைவை எட்டக்கூடியவை. பறக்கும் போது திறனூட்டத் தறுவாயில் மட்டுமே வழிப்படுத்தப்படும் இக்கணை களை இடைத்தரத் தொலைவு வீச்சுக் கணைகள் என்பர். எ.கா. சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் ஸ்கிராக், ஸ்கார்ப், அமெரிக்காவின் தோர், ஜீபிடர், போலாரிஸ் ஆகியவை.

ஏவுகணைப்பகுதிகள். ஏவுகணைகள் வடிவமைப் பிலும், இயக்கத்திலும் ஏவூர்திகளை ஒத்திருப்பினும் பயன்பாட்டில் மாறுபாடானவை. வானியல் ஆய்வு, தொலைத்தகவல் தொடர்பு ஆகியவற்றிற்காக அன்றி ஆக்கவழி அறிவியல் ஆய்விற்காகச் செயற்கைக் கோள்களை விண்ணிற் செலுத்தும் ஏவுகலங்களும் ஏவூர்திகளே ஆகும். வெடிகுண்டு, அணு ஆயுதங்கள் ஆகியவற்றைச் சுமந்து சென்று எதிரி முகாம்களில் வீசி அழிக்கும் ஏவுகணைகளும் ஏவூர்திகளே ஆகும். ஏவுகலங்கள் ஆய்வுக்கும், ஏவுகணைகள் அழிவுக்கும் வழிவகுக்கின்றன, இலக்கைச் சென்று தாக்கும் குறிக்கோளுடன் வகுத்த வழியில் பறந்து செல்லும் ஏவுகணைகள் நெறிப்படுத்தப்பட்ட ஏவுகணைகள் (guided missiles) எனப்படும். அவ்வாறில்லாமல் எவ்விதக் கட்டுப்பாடுமின்றித் தனித்துச் சென்று எதிரிகளைத் தாக்குபவை நெறிப்பாடற்ற ஏவுகணைகள் எனப்படும். நெறிப்படுத்தப்பட்ட ஏவுகணைகளில் குறியுணர் கருவிகள், போர்க்கருவிகள், கட்டுப்பாடு, வழிப்படுத்தும் அமைப்புகள், ஏவூர்திப்பொறி போன்ற முக்கிய உறுப்புகள் இடம் பெறும்.

குறியறி கருவி. மிகு வேகத்தில் காற்றுவெளியில் பறக்கும் விமானங்கள் திருகு ஊர்திகள் ஆகியவை உண்டாக்கும் ஒலி, ஒளி, வெப்பக் கதிர்கள் இவற்றைக் குறியுணர் கருவிகள் அறிவிக்கின்றன. F-16 போன்ற B-2 தாரை விமானங்கள் வெளிவிடும் புகைத்தொடரைப் பின்பற்றிச் செல்லும் அகச்சிவப்புக் கதிர் அறி கருவிகள் இந்த ஏவுகணை அமைப்பில் பெரும்பாலும் இடம் பெறும். இத்தகைய ஏவு கணைகள் தாமாக எந்தக் கதிர்வீச்சையும் செலுத் தாமலேயே ஏனைய ஊர்திகளை அறிவதால் இவற்றை வினையறு தானே இயங்கி ஏவுகணையைச் செலுத்தி நெறிப்படுத்தும் அமைப்பில் இயங்குவன (passive homing device) எனக் குறிப்பிடுவர்.



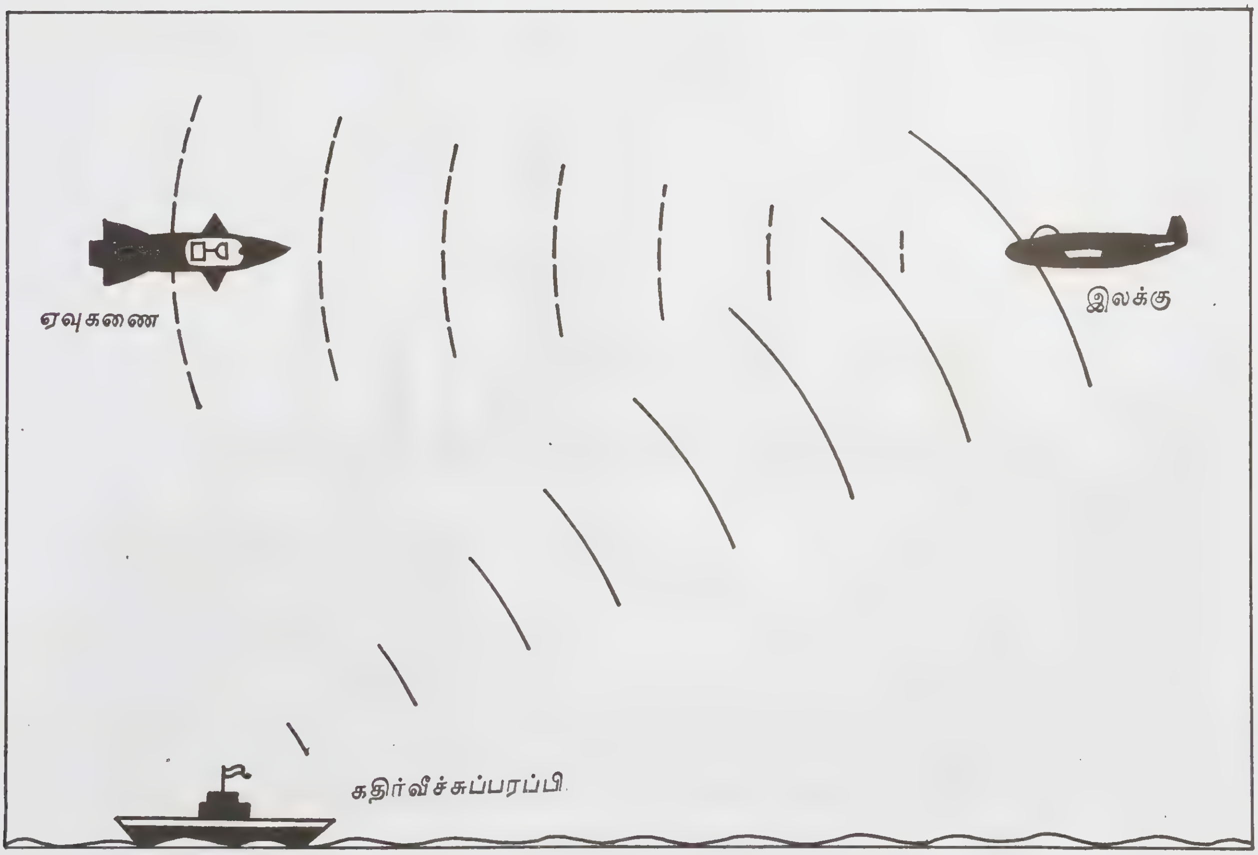
படம் 2. வினையறு தானே இயங்கி ஏவுகணையைச் செலுத்தி வழிப் படுத்தும் அமைப்பு



படம் 3.

ஒரு சில ஏவுகணைகள் தாம் செலுத்தும்·ரேடார் போன்ற கதிர் வீச்சுகள் எதிரிப் படைக்கலத்தின் மேல் மோதி மீளும் இயல்பைக் கொண்டு எதிரி முகாமைக் கண்டுபிடித்துச் சென்று தாக்குபவை. இதை வினைபுரி தானே இயங்கி ஏவுகணையைச் செலுத்தி நெறிப்படுத்தும் அமைப்பு (active homing device) என்பர்.

புவிநிலையத்திலிருந்து பகை விமானத்தின் மேல் பாய்ச்சப்படும் ரேடார் கதிர்களின் பிரதிபலிப்பைக்



படம் 4.

கண்டுணர்ந்து பகைவிமானத்தை எதிர்த்து நொறுக்கும் ஏவுகணைகள் பகுதிவினை புரியும் வழிப்படுத்தும் அமைப்புக் (semiactive homing device) கொண்டவை யாகும்.

கட்டுப்பாடு நெறிப்பாடு அமைப்பு. நெறிப்படுத்தும் ஏவுகணைகளில் தமக்குள்ளேயே சுமந்துசெல்லும் அக வழிப்படுத்தும் அமைப்பு இலக்கைச் சென்று தாக்க உதவும். ஏவுகணை வழி விலகி முன்பின் சாய்தல், பக்கவாட்டில் சரிதல், தன் அச்சில் உருளல் போன்ற பிறழ்ச்சிகளை அறிய கொட்புமானி (gyroscope), நிலைப்படு மேடை போன்ற உணரிகள் (sensor) ஏவுகணைக்குள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஏவுகணைத் தடப்பிறழ்ச்சியினை உணர்த்தும் இவ்வமைப்பினை நிலைம நெறிப்படுத்தி (inertial guidance) எனலாம்.

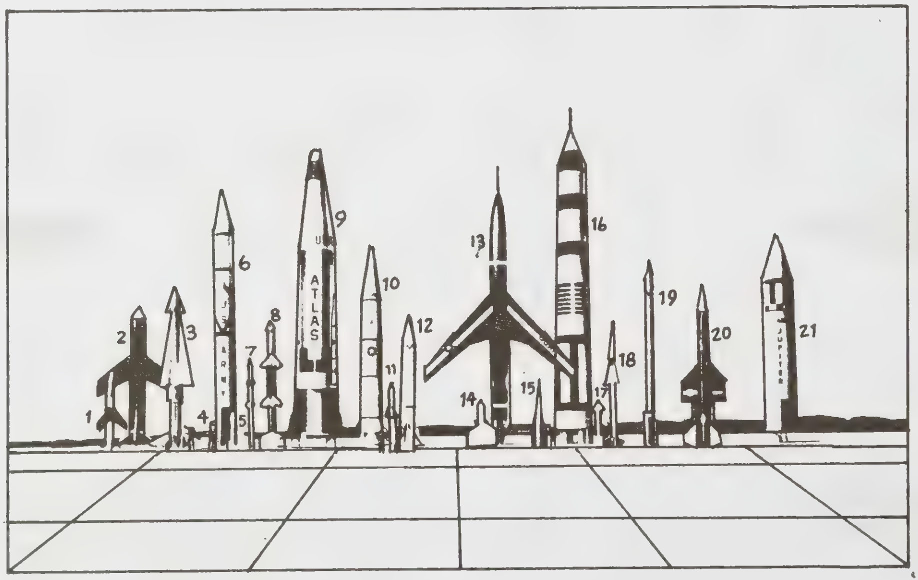
மேலும் புவி தன் அட்ச, தீர்க்க ரேகைகள், குத்துயரம் போன்ற புவி அடையாளங்களையோ சந்திரன், சூரியன், கோள், விண்மீன் போன்ற வானவெளி அடையாளங்களையோ வழிகாட்டியாகக் கொண்டு செல்லும் பயண அமைப்புகள் அக நெறிப்படுத்தும் முறையுட்படும். புவிநிலையங்களின் கதிரலை கலங்கரை விளக்கங்கள் (radio beacons) காட்டும் வழியில் அவற்றின் கட்டளையை ஏற்றுச் செயல்படும் ஏவுகணைகளைக் கட்டளை 'நெறிப் படுத்தும் வகை சார்ந்தவை என்று குறிப்பிடலாம்.

மேற்கண்ட வழிப்படுத்தும் அமைப்புகள் ஊட்டும் தகவலை ஏற்று ஏவுகணைக் கட்டுப்பாடு அமைப்பிற்கு ஆணை பிறப்பிக்கும் தள கணிப் பொறிகளும் ஏவுகணையின் முதன்மையான பகுதி யாகும். இக்கணிப்பொறிகளின் ஆணையை ஏற்று ஏவுகணையின் இறக்கைச் செதிள் போன்ற புற உறுப்புகளும், உள்ளே அமைந்துள்ள எதிர்வினைக் கட்டுப்பாடு அமைப்பைச் சார்ந்த சிறு ஏவூர்திப் பொறிகளும் செயல்படும். இதனால் ஏவுகணை குறித்த பாதையில் குறிநோக்கி இயங்க முடிகிறது.

ஏவூர்திப் பொறி. ஏவூர்திக்குத் திறன் ஊட்டவல்ல ஆற்றல் உருவாக்கும் மையமே ஏவூர்திப்பொறியாகும்.

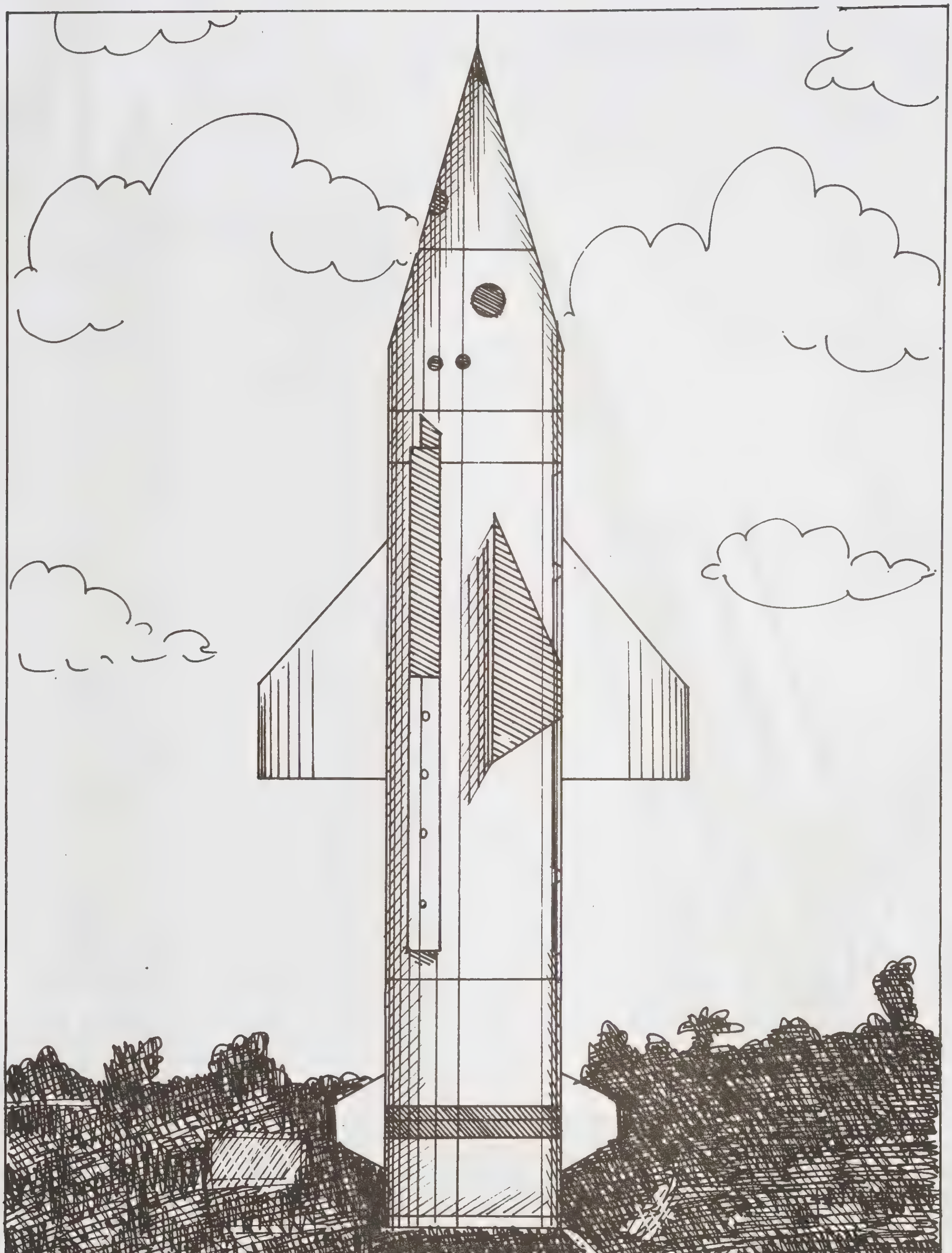
ஏவுகணைச் செயல்பாடு. போர்க்களங்களில் இந்த ஏவுகணைகள் கீழ்க்காணும் பல வழிகளில் கையாளப் படும்.

தளம் விட்டுத் தளம் பாயும் ஏவுகணை. (surface to surface missile) புவியின் ஒரு நிலப்பகுதியிலிருந்து பிறிதொரு நிலப்பகுதிக்கு ஏவப்படும் இக்கணைகள்



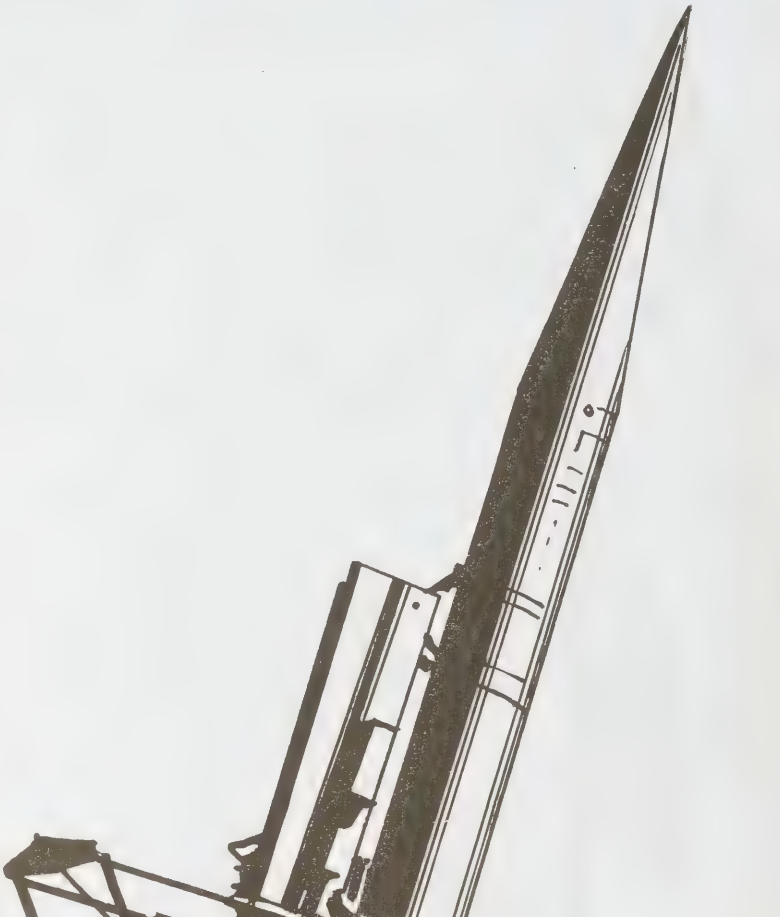
படம் 5. சில ஏவுகணைகளின் பரிமான ஒப்பீடு

1. லாக்ரோசி - தளம் விட்டுத் தளம், 2. மேசி - தளம் விட்டுத்தளம், 3. நைக், ஹெர்குலிஸ் - தளம்விட்டுக்காற்று, 4. கால்கன் - காற்றிலிருந்து காற்று, 5. சைட்விண்டர் - காற்றிலிருந்து காற்று, 6, ரெட்ஸ்டோன் - தளம் விட்டுத் தளம், 7. டெர்ரியர் - தளம் விட்டுக் காற்று, 8. டேலோஸ் தளம்விட்டுத் தளம், 9. அட்லஸ் - தளம் விட்டுத் தளம், 10. தோர் தளம் விட்டுத் தளம், 11. ஃபாரோ - காற்றிலிருந்து காற்று, 12. கார்ஜெண்ட - தளம் விட்டுத் தளம், 13. ஸ்நார்க் - தளம்விட்டுக் தளம், 14. குயல் - காற்றுவிட்டு நிலம் 15. ஹாக் -களம் விட்டுக்காற்று, 16. வைட்டன் - களம் விட்டுக் களம், 17. புல்பப்-காற்று விட்டுக் களம், 18. நைக் - அஜாக்ஸ் - களம் விட்டுக் காற்று, 19. கார்பரால் - தளம் விட்டுத் தளம், 20. போமார்க் தளம் விட்டுக் காற்று, 21. ஜுபிடர் - தளம்விட்டுத் தளம்



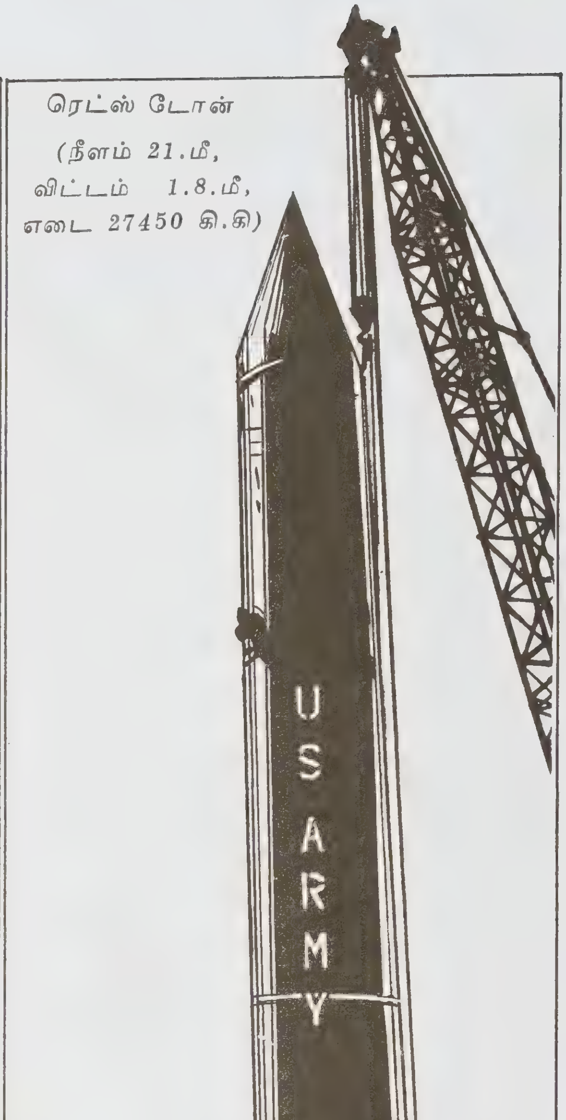
இந்தியக்கணை பிரித்வி

படம் 6.



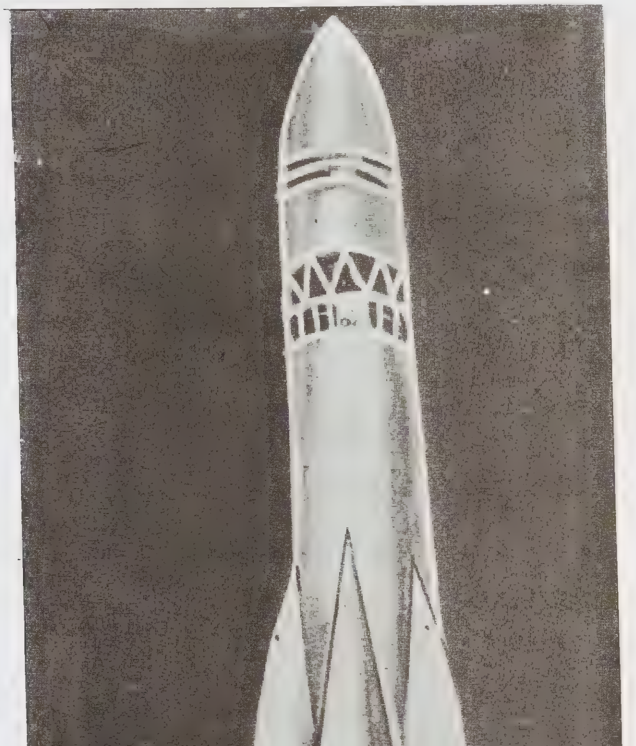
சார்ஜெண்ட் (நீளம் 10. 8மீ. விட்டம் 78 செ. மீ.)

ரெட்ஸ் டோன்
(நீளம் 21.மீ,
விட்டம் 1.8.மீ,
எடை 27450 கி.கி)

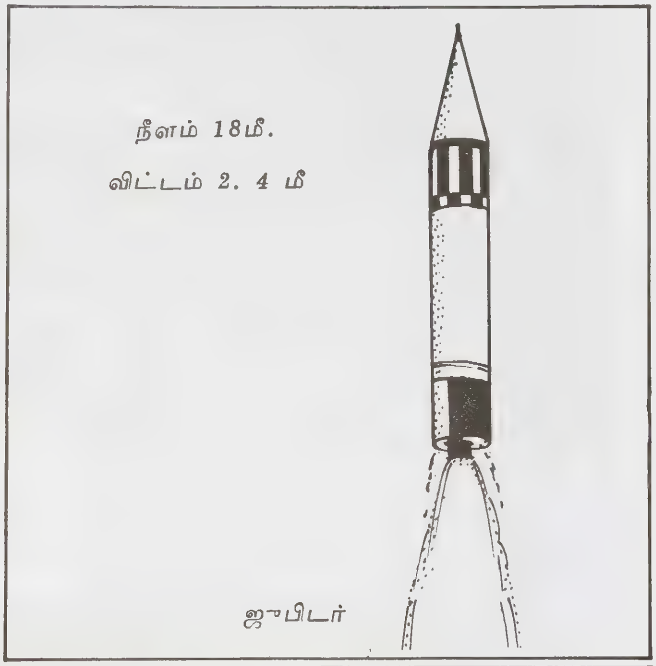


எதிரி முகாம்களைத் தீக்கிரையாக்க வல்லவை. அமெரிக்காவின் அட்லஸ், டைட்டன், மின்ட்மேன், தோர், ஜூபிடர், ரெஸ்ட்டோன், பெர்சிங் இந்தியாவின் பிரித்வி, சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் T வரிசை ஏவுகணைகள் போன்றவை இவ்வகைக்குரிய சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

தளம் விட்டுக் காற்றில் பாயும் ஏவுகணை (*surface to air missile*). வானிற் பறந்து செல்லும் எதிரி விமானங்களைத் தகர்க்க நிலத்தளத்திலிருந்து செலுத்தப்படுபவை அமெரிக்காவின் நைக்-ஹர்குலிஸ் போமார்க், ஜெர்மனியின் வாசர்ஃபால், என்சியன், இந்தியாவின் திரிசூல், ஆகாஷ் போன்ற ஏவுகணைகளேயாகும்.

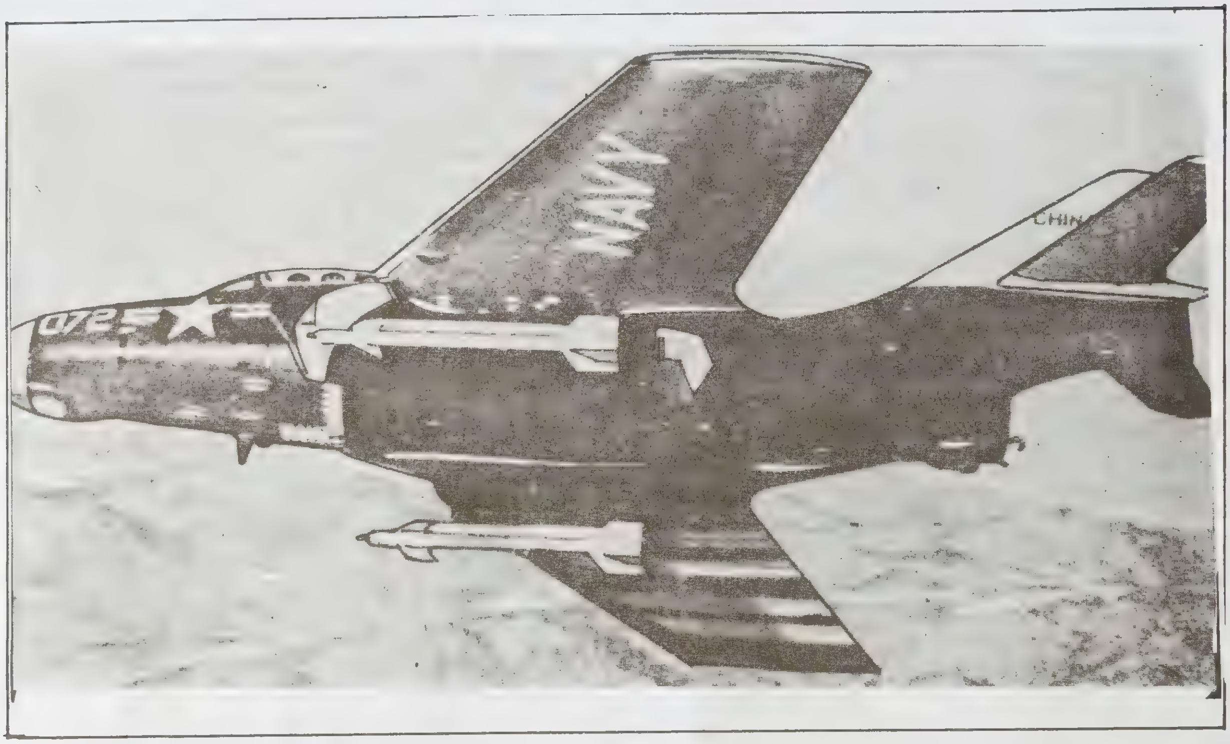


வாஸ்டாக்



டைட்டன்

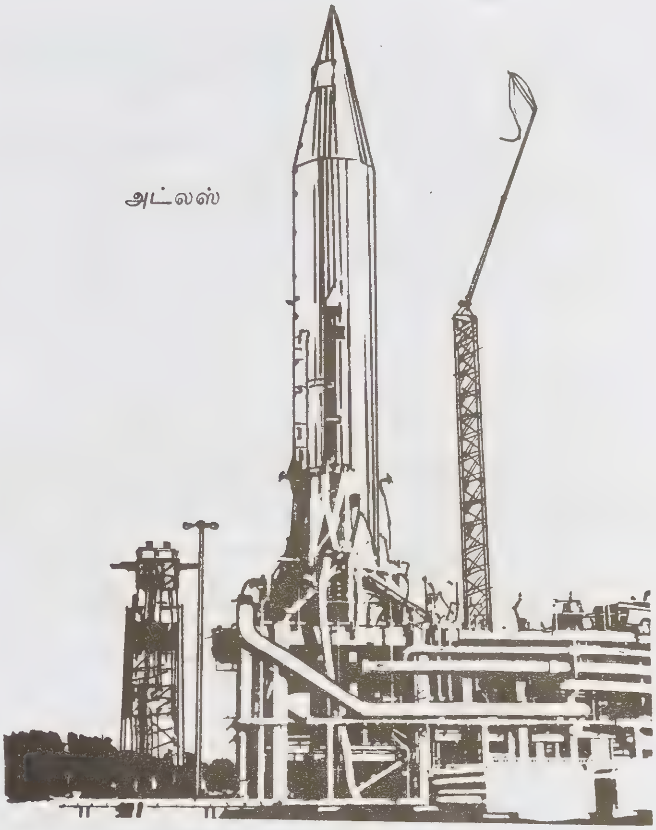
படம் 8.



சைட் விண்டர்

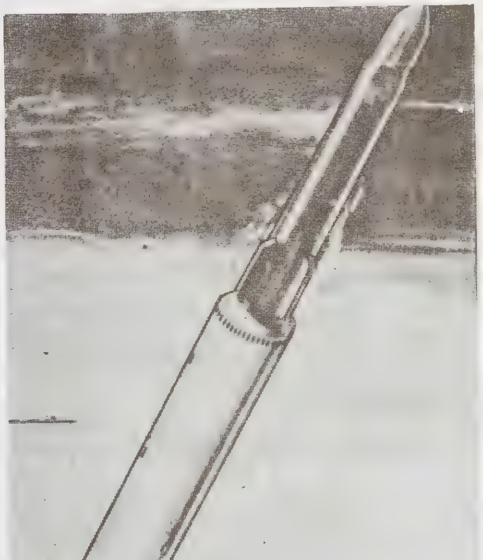
வி-2 (நீளம் 14மீ, விட்டம் 3.56 மீ. எடை 12.770 கி.கி)

படம் 9.



அட்லஸ்

தோர்



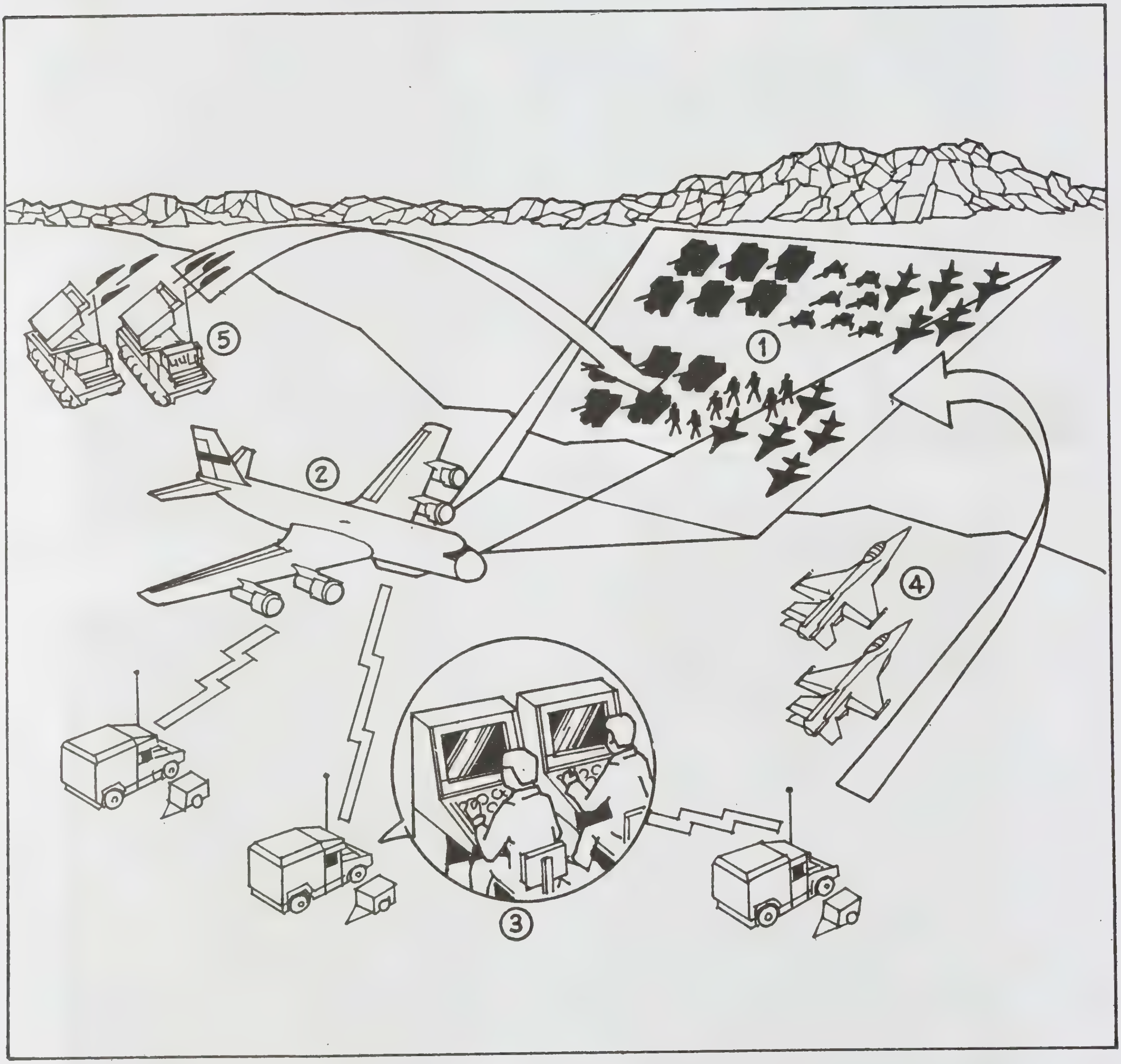
சப்ரோக்

போமார்க்

படம் 10.

காற்றிடம் விட்டுக் காற்றிடம் பாயும் ஏவுகணை (air to air missile). போட்டி விமானங்களில் பறந்த வாறே காற்றுவெளியில் திரியும் எதிரி விமானம், திருகு ஊர்தி போன்றவற்றின் மேல் இவை செலுத்தப் படுகின்றன. சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் யாக், லோ போன்ற போட்டி விமானங்களில் எடுத்துச் செல்லப்படும் RS வரிசைக் கணைகளும், அமெரிக்கா வின் ஃபால்கன் சைடு விண்டர், ஸ்பாரோ ஆகியன வும் இவ்வகையைச் சாரும்.

காற்றிலிருந்து நிலம் பாயும் ஏவுகணை. (air to surface missile) காற்றூர்திகளில் பறந்தவாறே



படம் 11. நட்சத்திரப் போர் அமைப்பு

1. பகைப்புலம், 2. பறந்து சென்றவாறே பக்கவாட்டில் நோக்கும் ரேடார் விமானம், 3. புவிக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்கள், 4. அதிரடி விமானங்கள், 5. பல ஏவுகணைச் செலுத்திகள்

பகைவர் முகாம்களின் மேல் குண்டுமழை பொழியும் அமெரிக்காவின் புல்பப், ஸ்கைபோல்ட் போன்ற ஏவுகணைகள் இவ்வகைப்படும்.

நிலம் விட்டு நீரடி பாயும் ஏவுகணை. (surface to under water missile). இது நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களைக் குறிபார்த்து தாக்கும் நீரடி ஏவுகணை ஆகும். எ.கா. அமெரிக்காவின் அஸ்ரோக்.

நீரடி விட்டு நிலம் பாயும் ஏவுகணை (underwater to surface missile) நீருக்கடியிலிருந்து கிளம்பி நிலப் பரப்பை அழிக்கும் இவ்வகை ஏவுகணைகளில் அமெரிக்காவின் போலாரிஸ் என்னும் இடைத்தரத் தொலைவு வீச்சுக்கணை குறிப்பிடத்தக்கது. சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் கோலம்-2 ஏவுகணை ஏறத்தாழ 8.4 மீட்டர் நீளமும், 1.5 மீட்டர் விட்டமும் கொண்ட போலாரிஸை விட அளவில் இருமடங்கு பெரியது. இதன் நீளம் 17.1 மீட்டர், விட்டம் 2.1மீட்டர்.

நீரடியிலிருந்து நீருக்குள்ளேயே பாயும் ஏவுகணை (underwater to underwater missile). கடலடியில் பதுங்கியிருந்தே எதிரியின் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைச் சிதறடிக்க வல்லநீர்மூழ்கி ஏவுகணைகளில் அமெரிக்கக் கடற்படையின் சப்ரோக் குறிப்பிடத்தக்கது.

பீரங்கி எதிர் ஏவுகணை. (anti tank missile). எதிரியின் பீரங்கிகளை நொறுக்கவல்ல ஏவுகணை களுள் ஜெர்மனியின் கோப்ரா, பிரான்சின் SS-10, SS-11 ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

ஏவுகணை எதிர் ஏவுகணை. இது சீறிப்பாய்ந்து வரும் ஏவுகணைகளை நடுவழியிலேயே முறியடித்துச் சிதறடிக்கும் ஏவுகணை ஆகும். எ.கா. அமெரிக்கப் போர்ப்படையில் கையாளப்படும் பிளேட்டோ.

இடைவெட்டு ஏவுகணை. தாக்கவரும் பகை விமானங்களைத் தம்பால் கவர்ந்து இழுத்துத் திசை திருப்பி விடும் இந்த ஏவுகணைகள் செயல்திறனில் ஆற்றல் மிக்கவை. பகைவரைக் குழப்பமடையச் செய்யும் குயுஸ், போமார்க் போன்ற அமெரிக்க ஏவுகணைகள் இவ்வகையைச் சாரும்.

- சு. முத்து

ஏவூர்தி

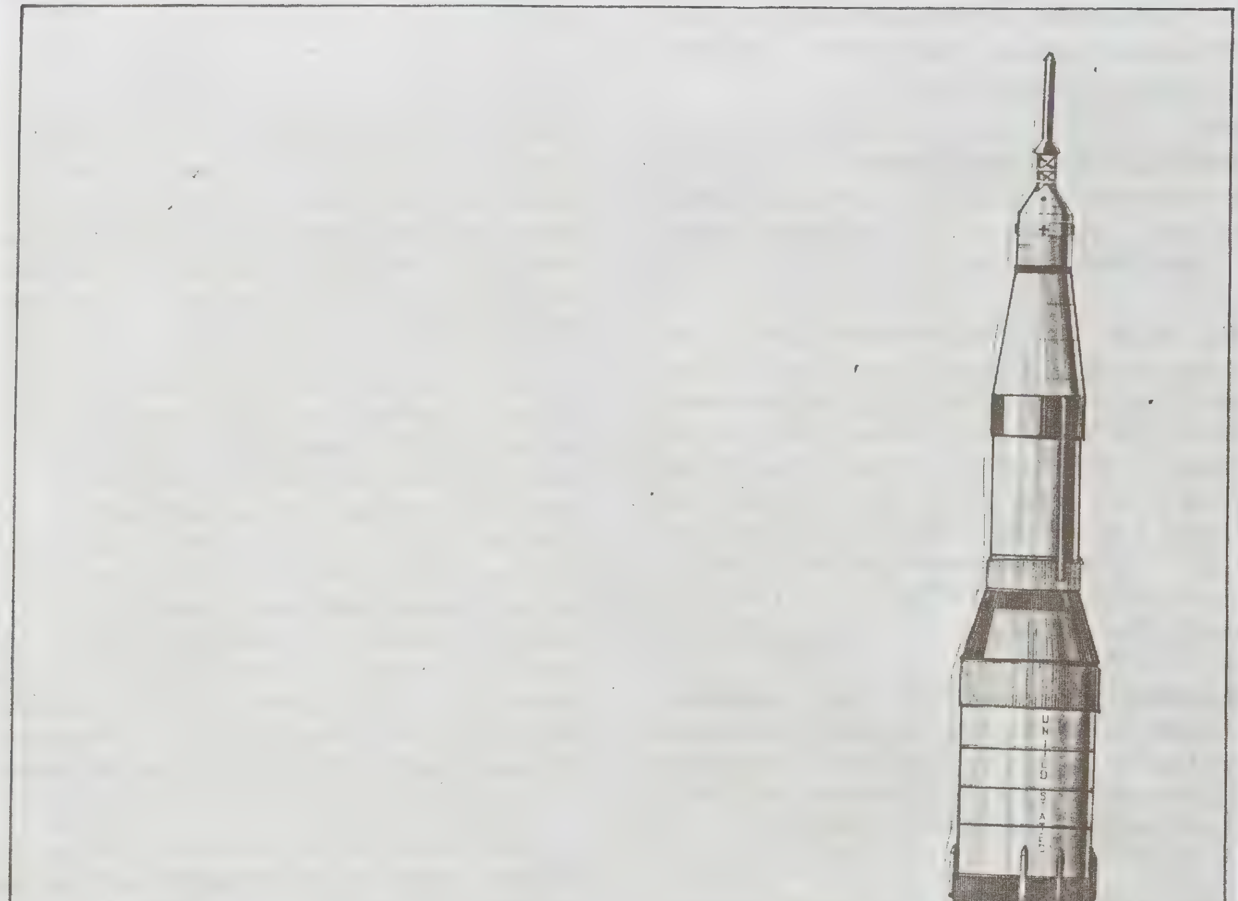
உந்துதல் மூலம் செலுத்தப்படுகிற ஊர்தி ஏவூர்தி எனப்படும். கொள்கலனில் உள்ள எரிபொருளை எரித்து உருவாக்கப்படும் ஆற்றல் மிகு வேகத்துடன் வெளித்தள்ளப்படும்போது அவ்வாற்றல், ஊர்தியை எதிர்த்திசையில் வேகமாக நகர்த்துகிறது. இவ்வாறு ஏவப்படும் ஊர்தியில் இட்டுச்செல் பொருளாகக் கருவிகளோ, வெடி மருந்தோ, மனிதர்களோ இருக்கலாம்.

ஏவூர்திப் பொறிகள் ஏவூர்தியைச் செலுத்துவ தற்குத் தேவையான ஆற்றலைத் தருகின்றன. ஊர்தியிலிருந்து விரைவாக வெளித்தள்ளப்படும் பொருள்களின் விளைவாக எதிர்த்திசை நகர்வு உண்டாக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு வெளியேற்றப்படும் பொருள் உந்து பொருள் எனப்படுகிறது. உந்து பொருள் ஏவூர்தியின் உள்ளேயே சேர்த்து வைக்கப் பட்டு இருக்கும். வேதி ஏவூர்திகளில் உந்துபொருள் வேதிக் கலவையாக இருக்கும். இப்பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து வேதி மாற்றங்களை நிகழ்த்தும்போது ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றன. சில ஏவூர்திகளில் திண்ம நிலை உந்துபொருள்களும் சில ஏவூர்திகளில் நீர்ம நிலை உந்து பொருள்களும் பயன்படுகின்றன.

ஏவூர்தியின் திறன் தொலைவு, பெரும வேகம், பெரும உயரம், காலம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்தே அறுதியிடப்படுகிறது.

சில நன்மைகளை முன்னிட்டு ஏவூர்தி பல கட்டங் களாக வடிவமைக்கப்படுகிறது. ஏவூர்தியின் ஏதேனும் ஒரு கட்டத்தில் எரிபொருள் தீர்ந்தபின் அந்தக் கட்டத்தால் ஏவூர்திக்கு எந்தப் பயனும் இல்லை. எனவே அந்தக் கட்டத்தைப் பிரிக்க வல்லதாக வடிவமைத்தால், பயனற்றுப்போன அக்கட்டத்தை நீக்கி விடலாம்.

வெறுமையான கட்டத்தை இழந்து விடுவதால் ஏவூர்தியின் கனம் குறைகிறது. தேவையற்ற கட்டத்தை இழுத்துச் செல்லத் தேவையான ஆற்றல் எஞ்சுவதால் ஏவூர்தியின் எஞ்சிய பகுதிகளில் வேகத்தை அவ்வாற்றலால் மிகுதிப்படுத்தலாம். வடி வமைப்பில் உருவாகும் சிக்கல்களின் காரணமாக ஏழு கட்டங்களுக்கு மேல் ஏவூர்தி உருவாக்கப்படுவ தில்லை. காண்க, ஏவூர்திக் கட்டங்கள்



பம்பர் 30480 கிலோ, மெர்க்குரி அட்லஸ் 163,300 கிலோ, வோஸ்டாக் 499,000 கிலோ, ஜெமினி டைட்டன் III C 1, 381, 600 கிலோ, அப்பல்லோ சாட்டன் V 3451900 கிலோ.

படம் 1. சில ஏவூர்திகள்

- வயி. அண்ணாமலை

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்

ஏவூர்தியை அல்லது ஏவுகணையை உந்து விசையால் மேல்நோக்கிச் செலுத்தப் பயன்படும் எரிபொருள்கள் ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்கள் (rocket propellants) எனப்படுகின்றன.

தரை ஊர்திகள், எரிபொருள்களை எரித்து எந்திர ஆற்றலாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜனைக் காற்றிலிருந்து எடுத்துக் கொள்கின்றன. ஆனால் ஏவூர்திகள் காற்றே இல்லாத வெற்றிடத்திலும், விண்வெளியிலும், நீருக்கு அடியிலும்கூட இயங்குகின்றன; ஏவூர்தி எரிபொருள்கள் எரிவதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜனைத் தமக்குள்ளேயே அடக்கி வைத்துள்ளமையே இதற்குக் காரணமாகும். எரிபொருள்களின் நிலை ஆற்றலே வெப்ப ஆற்றலாகவும் மாறி ஏவூர்திகளை இயக்குகிறது.

உந்து எரிபொருள்களின் வளர்ச்சி. ஏறத்தாழப் பதின்மூன்றாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலேயே கரி, கந்தகம், பொட்டாசியம் நைட்ரேட் கலந்த வெடிமருந்தால் ஏவப்பட்ட தீக்கணைகளின் பயனைச் சீனர்கள் அறிந்திருந்தனர். 1886 இல் வைல்லி என்பவரால் புகையின்றி எரியும் நைட்ரோசெல்லுலோசும், 1890 இல் ஆல்ஃபிரட் நோபல் என்பார் அறிமுகப்படுத்திய நைட்ரோசெல்லுலோஸ்-நைட்ரோகிளிசரின் கலவையும் ஏவூர்திகளில் பயன்பட்டன. இதுவே திண்ம எரிபொருள்களின் தொடக்கம் ஆகும்.

நீர்ம எரிபொருள்களால் இயங்கும் ஏவூர்தியைச் செலுத்தியதாக 1895 இல் பௌலெட் என்ற தென் அமெரிக்கப் பொறியியலார் அறிவித்தார். 1903 இல் ரஷ்யாவிலும் சியோல்கோவ்ஸ்கி என்ற கணித அறிஞர் தம் சிந்தனையை வெளியிட்டார். எனினும் 1919 இல் கோடார்டு என்ற அறிவியலாரின் ஆய்வுகளே நீர்ம எரிபொருள் துறையின் முன்னோடியாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு தொடங்கிய உந்து எரிபொருள் அமைப்பு, இரண்டாம் உலகப் போரின் போதுதான் முழுவடிவம் பெற்றது.

இந்திய வரலாற்றில் ஹைதர் அலியும், திப்புசுல்தானும் ஆங்கிலேயருக்கு எதிரான மைசூர் போரில், ஏவுகணைகளைப் பயன்படுத்தியதாக வரலாற்று ஆசிரியர்களின் குறிப்புகளும் லண்டன் தொல்பொருள் காப்புக் கூடத்தின் செய்திகளும் தெரிவிக்கின்றன.

நைக் அப்பச்சே என்ற அமெரிக்க ஏவுகணையைத் திருவனந்தபுரத்தில் அமைந்திருக்கும் தும்பா புவி நிலநடுக்கோட்டு ஏவுதளத்திலிருந்து 1963 இல் விண்ணில் செலுத்தியதே இந்திய விண்வெளி ஆய்வுத் துறையின் தொடக்கம் ஆகும்.

போர் ஏவுகணைகளானாலும், வானிலைஆராய்ச்சிக்கு உதவும் ஏவூர்திகளானாலும், விண்வெளியில் செயற்கைக் கோள்களைச் சுமந்து செல்லும் விண்கலங்களானாலும், அண்டவெளியில் சென்று மீளும் விண்வெளி ஓடங்களானாலும், சந்திரன் செவ்வாய் வெள்ளி சனி முதலான ஏனைய கோள்களின் உண்மை இயல்புகளை ஆராய்ந்து உலகுக்கு உணர்த்தும் விண்வெளியின் அனைத்து ஆய்வுக்கும் முதுகெலும்பு போன்றதே உந்து எரிபொருட்கோவை (propellant system) ஆகும்.

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்களை அவற்றின் இயல்புகளின் அடிப்படையில் திண்மநிலை, நீர்மநிலை, கலப்பு நிலை. உந்து எரிபொருள்கள் எனப் பிரிக்கலாம்.

திண்ம நிலை உந்து எரிபொருள்கள். நில ஊர்திகளும், காற்று விமானங்களும் அவற்றின் மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ 50% அல்லது அதற்கும் குறைந்த எரிபொருளையே எடுத்துக் கொள்கின்றன. ஆனால் ஏவூர்தியின் உந்து எரிபொருள் அமைப்பு மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ 70% மேல் உள்ளது.

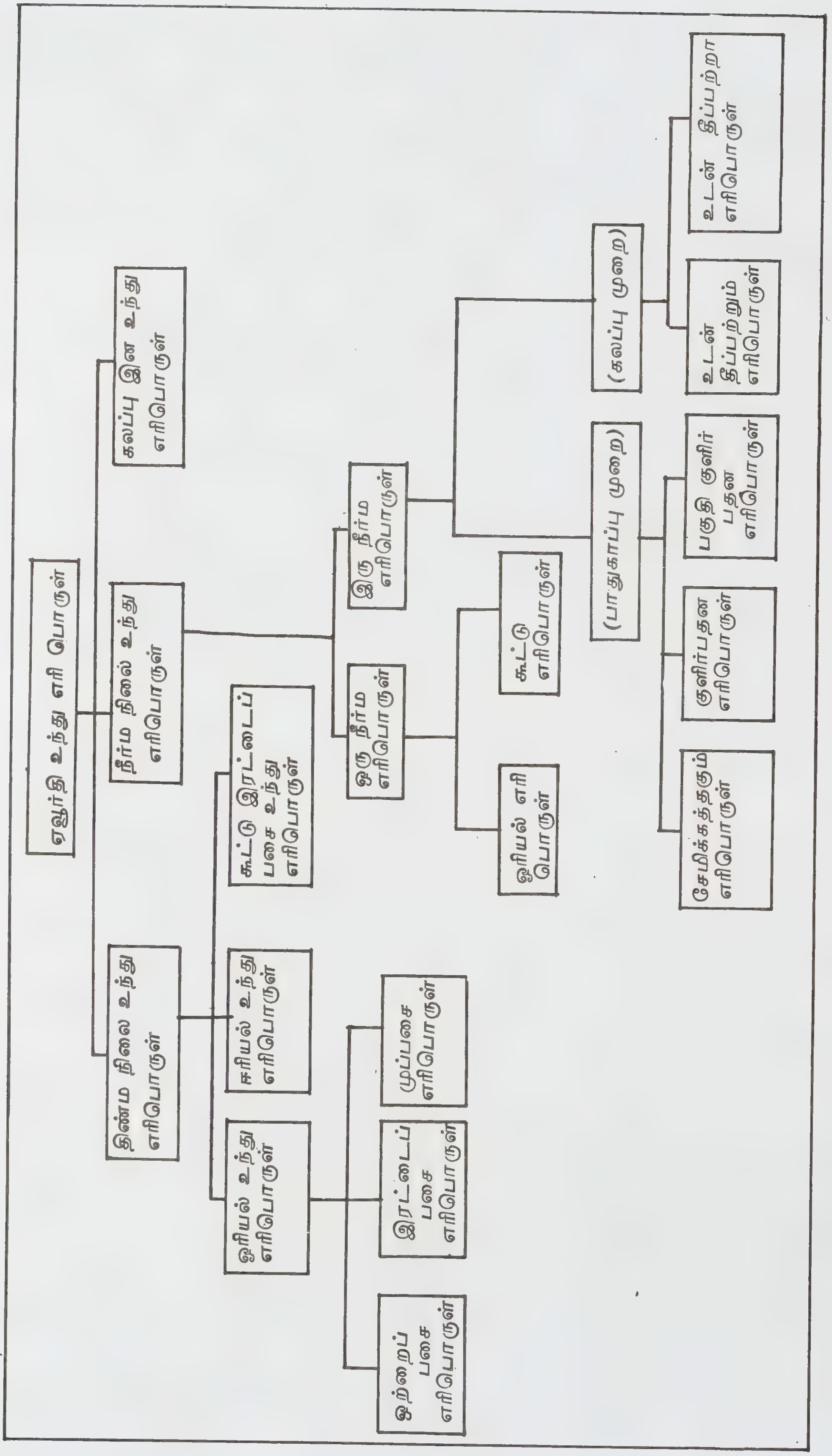
இந்தத் திண்ம நிலை எரிபொருள், எரியும் முறையில் இருவகை உண்டு. அவை ஆரநிலை எரிதல் (radial burning), நுனி நிலை எரிதல் (end burning) என்பனவாகும்.

ஆரநிலை எரிதலில் எரிபொருள் தண்டு (propellant grain) அதன் வட்ட மையத்திலிருந்து வெளிவட்டம் நோக்கியோ, வெளிவட்ட விளிம்பிலிருந்து மையம் நோக்கி உட்புறமாகவோ எரியும். இதன் எரிவிகிதம் (burning rate) வினாடிக்கு ஏறத்தாழ 10 மி.மீ. ஆகும். நுனிநிலை எரிதல் என்பது சிகரெட் புகைவதுபோல் எரிபொருள் தண்டின் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனை நோக்கி எரியும் நிலையாகும். இதன் எரிவிரைவு நொடிக்கு 5-15 மி.மீ. ஆகும். இந்த வேகத்தை மிகைப்படுத்த எரிபொருள் தண்டின் உள்ளே நீளவாக்கில் பல உலோகக் கம்பிகளை (வெள்ளி) இணைப்பதும் உண்டு.

திண்ம எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை. இந்த வகை எரிபொருள்கள் உயர் ஒப்பு விசை எண் (specific impulse-Isp) உடையதாக இருக்க வேண்டும். இந்த எண்ணே உந்து எரிபொருள்களின் முதன்மையான தேவை ஆகும். ஒரு நொடிக்குள் ஒரு கிராம் எரிபொருள் எரியும்போது வெளியிடப்படும் விசையின் (thrust) அளவாகும்.

$$\text{ஒப்பு விசை எண்} = \frac{(\text{சராசரி விசை}) \times (\text{எரிகால அளவு நொடிகளில்})}{(\text{எரிந்த எரிபொருளின் பொருண்மை})}$$

ஒப்பு விசை எண்ணை மிகைப்படுத்த எரிவினைப் பொருள்களின் மூலக்கூற்று எடை குறைந்ததாகவும்,

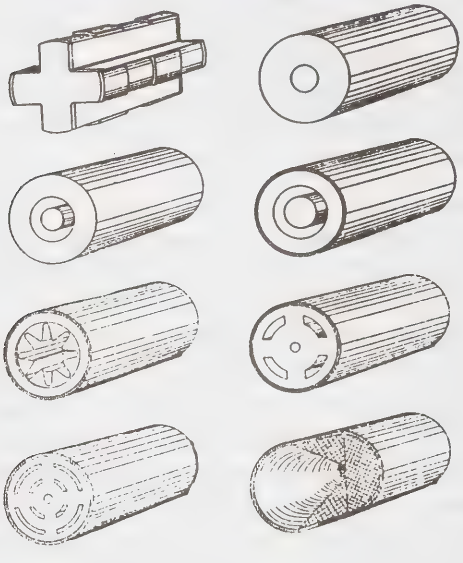

ஏவூர்தி உந்து எரி பொருள்
திண்ம நிலை உந்து எரிபொருள்
நீர்ம நிலை உந்து எரிபொருள்
கலப்பு இன உந்து எரிபொருள்
ஓரியல் உந்து எரிபொருள்
ஈரியல் உந்து எரிபொருள்
கூட்டு இரட்டைப் பகை உந்து எரிபொருள்
ஒற்றைப் பகை எரிபொருள்
இரட்டைப் பகை எரிபொருள்
மூப்பகை எரிபொருள்
ஒரு நீர்ம எரிபொருள்
இரு நீர்ம எரிபொருள்
ஓரியல் எரி பொருள்
கூட்டு எரிபொருள்
(பாதுகாப்பு முறை)
(கலப்பு முறை)
சேமிக்கத்தகும் எரிபொருள்
குளிர்பதன எரிபொருள்
பகுதி குளிர் பதன எரிபொருள்
உடன் தீப்பற்றும் எரிபொருள்
உடன் தீப்பற்றா எரிபொருள்

வகைப்பாடு

படம் 1. திண்ம எரிபொருள் தண்டின் குறுக்கு வெட்டுத்தோற்றம் ஆரநிலை எரிதல்.

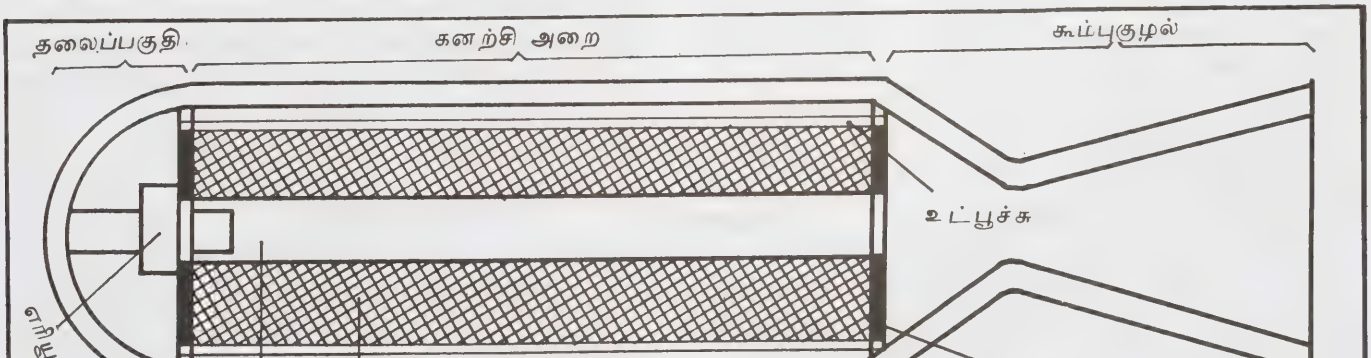
அந்த எரிவினையின்போது வெளியிடப்படும் வெப்ப நிலை மிகுதியாகவும் இருக்க வேண்டும். மேலும் அடர்த்தி மிக்கதாகவும் இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் ஏவூர்தியின் குறைந்த கன அளவுக்குள் மிகுந்த எடை எரிபொருளை நிரப்பலாம்.

எரிபொருள் நாட்படப் பாதுகாப்புக் கிடங்கிலிருந்தாலும் (propellant magazine) எரிபொருள் தன்மை குறையாததாக இருக்க வேண்டும். சிறு அதிர்ச்சி, வெப்பம் ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்படாததாகவும் கையாளும்போதும் இடம்விட்டு இடம் கொண்டு செல்லும்போதும் எளிதில் தீப்பற்றாமலும் இருக்க வேண்டும். தயாரிப்பு முறையில் தீங்கற்றதாக இருக்க வேண்டும். ஏவூர்திப் பொறியின் உட்பூச்சு, காப்பு உறை போன்றவற்றோடு ஒத்தியல்பு உடையதாக இருக்க வேண்டும். வெப்பத்தை அரிதில் கடத்தும் தன்மையுடையதாக இருக்க வேண்டும். இதன் எரிவினைப் பொருள்கள் நச்சுத்தன்மை, அரிக்கும் தன்மையற்றவையாகவும் சீராக எரியக்கூடியவையாகவும் இருக்க வேண்டும். விட்டுவிட்டு எரிவது, மிக வேகத்தில் எரிவது போன்ற எதிர்பாரா விளைவுகளால் ஏவூர்தி வெடித்துச் சிதறக்கூடும். இதன் தயாரிப்புக்கான மூலப்பொருள்கள், உள்நாட்டில் எளிதில் குறைந்த விலையில் கிடைப்பனவாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.



1. சிலுவை அமைப்பு-வெளிப்புறமிருந்து உள் நோக்கி எரியும் 2. குழல் அமைப்பு-உட்புறமிருந்து வெளிநோக்கி எரியும் 3. நடுத்தண்டும் குடிலும் 4. நடுத்தண்டும் வெளி ஓடும் 5. அக விண்மீன் அமைப்பு 6. 7. பலதுளைச் சல்லடை அமைப்புகள் 8. கூமபு நுனி எரியமைப்பு

படம் 2. சில ஏவூர்தி திண்ம எரிபொருள் தண்டின் தோற்றங்கள்,



படம் 3. திண்ம உந்து எரிபொருள் ஏவூர்திப்பொறி.

ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு. பொதுவான திண்ம நிலை உந்து எரிபொருள் கொண்ட ஏவூர்திப் பொறியின் பகுதிகளைப் படம் 3 இல் காணலாம்.

இந்த ஏவூர்திப் பொறியின் தலைப்பகுதியில் (சில ஏவூர்திகளில் கூம்புகுழல் பகுதியிலும் அமையும்) வைக்கப்பட்டுள்ள எரியூட்டி, கனல் நுட்ப வகையிலோ (pyrotechnic type) கனல் பிறப்பு வகையிலோ (pyrogen type) இயங்கும்.

கனல் நுட்ப வகை எரியூட்டி பொட்டாசியம் நைட்ரேட், பொட்டாசியம் பெர்க்குளோரேட் போன்ற ஏதேனும் ஓர் உப்புடன் மக்னீசியம், அலுமினியம், சிர்க்கோனியம் போன்ற உலோக எரிபொருள் கலந்த கலவையை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

கனல் பிறப்பு வகை எரியூட்டி மேற்குறித்த உப்பு-உலோகத்தூள் கலவையுடன் பாலிஎஸ்ட்டர் எத்தில் செல்லுலோஸ், எப்பாக்சி ரெசின் போன்றவையும் கலந்திருக்கும். இவ்வகை எரிபொருளை உயர் வேகத்தில் கனலைப் பிறப்பிக்கும் ஏவூர்தி உந்து எரிபொருளோடு ஒப்பிட்டுக் கூறலாம்.

எரியூட்டியை மின்சாரத் தீப்பொறியால் பற்றவைத்தால், அது உமிழும் மிகை அனல்மிகு வெப்பப் புகை, ஏவூர்தியின் கனற்சி அறையிலுள்ள எரிபொருளை எரியூட்டிவிடும். எரிநடுக் குழலின் உட்பரப்பு முழுதுமாகத் தீப்பிடித்து ஆரநிலையில் கனற்சி அறைச்சுவர் நோககி வினாடிக்கு ஏறத்தாழ 5-15 மி.மீ. வேகத்தில் எரியத் தொடங்கும். அதன் சராசரி வெப்பநிலை 3000^0 C க்கும் மேலாகும். அப்போது எரிகலனாகிய கனற்சி அறைக்குள் நிரம்பிய புகை மண்டலத்தின் அழுத்தம், கடல்மட்ட வெளிக் காற்றின் அழுத்தத்தைவிடப் பன்மடங்கு மிகும். இந்த அனல் பிழம்புடன் ஒளிவிடும் மிகு வெப்ப வளிமங்கள், ஏவூர்திப் பொறியின் வால் புறத்திலிருந்தும் சுருங்கி விரிந்த கூம்புகுழல் வழியாக, மீஒலி வேகத்தில் வெளியே பீச்சப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வின் போது உயர்வேகத்தில் ஏவூர்தி முன்னோக்கி உந்தித் தள்ளப்படுகிறது.

திண்மநிலை உந்து எரிபொருள்களை ஓரியல் உந்து எரிபொருள் (homogeneous propellant), ஈரியல் உந்து எரிபொருள் (composite propellant). ஈரியல் இரட்டைப்பசை எரி பொருள் (composite modified double- bars propellants) என வகைப்படுத்தலாம்.

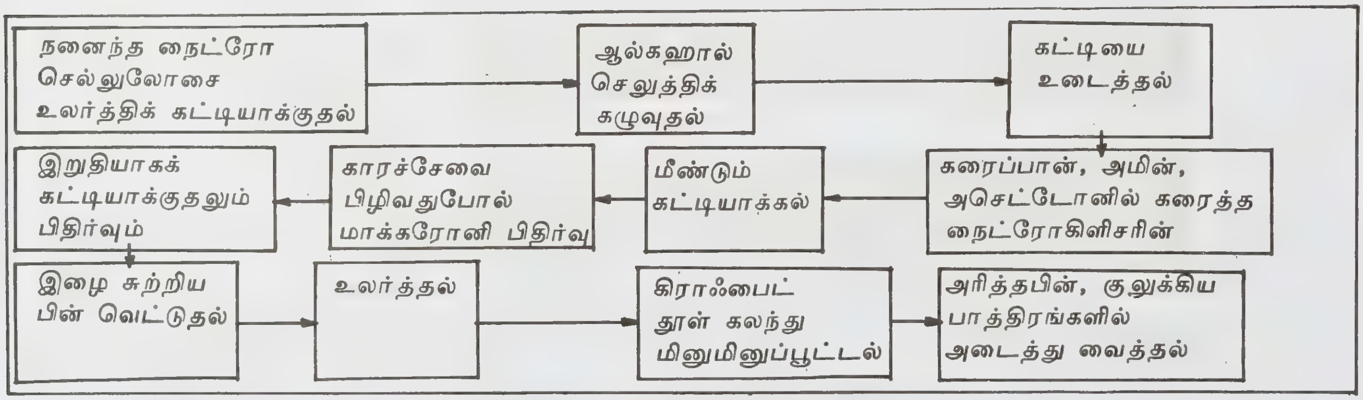
ஓரியல் உந்து எரிபொருள்கள்

இவ்வகை எரிபொருள்கள் ஒரே நிலையில் உள்ள பசையால் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றை ஒற்றைப் பசை (single base), இரட்டைப்பசை (doublc base,) முப்பசை (triple base) எனப் பிரிக்கலாம்.

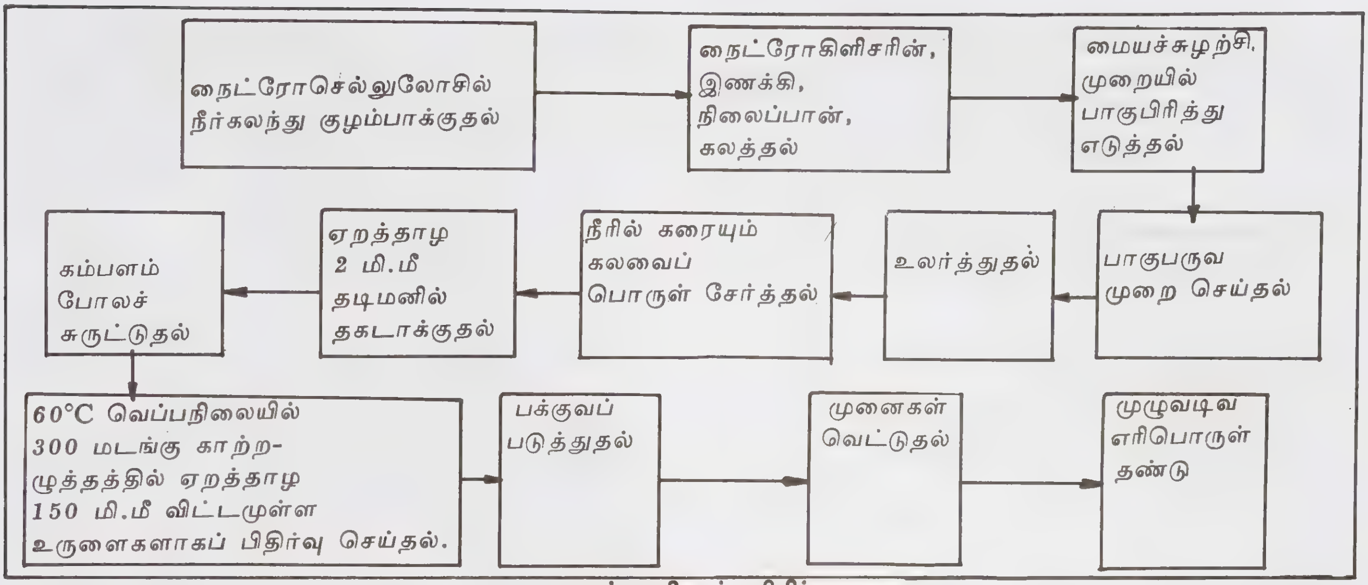
ஒற்றைப் பசை எரிபொருள். வெடிப் பஞ்சு நைட்ரோசெல்லுலோஸ் உலர்ந்த நிலையில் அதிர்ச்சி, உராய்வால் வெடித்துத் தீங்கு விளைவிக்கக்கூடும். அதனால் பெரும்பாலும் நைட்ரோசெல்லுலோஸ் நீருடன் கலந்தே பாதுகாக்கப்படுகின்றது. இந்த ஒற்றைப் பொருளே எரிபொருளையும், அதை எரியச் செய்யும் ஆக்சிஜனையும் கொண்டுள்ளது. நைட்ரோ செல்லுலோஸுடன் ஈதர்-ஆல்கஹால் கரைப்பான், டைஃபீனைஸ் அமின் போன்ற நிலைப்பான் (stabiliser) கலந்து, கரைப்பான் பிதிர்வு முறையில் (solvent extrution process) ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் தயாரிக்கலாம்.

நிலைப்பான் என்பது ஏவூர்தி எரிபொருள் தயாரான பின்னர் தளவாடக் கிடங்கில் பாதுகாக்கப்படும் போது, எரிபொருளின் தன்மை சிதைவுறாமல் நிலையாக வைக்க உதவும் பொருளாகும்.

இரட்டைப்பசை எரிபொருள். நைட்ரோசெல்லுலோஸ் தன்னைத்தானே முழுதுமாக எரித்துக் கொள்வதற்கு 30%க்குக் குறைவான ஆக்சிஜனைத் தன்னுள் அடக்கியுள்ளது. ஆனால் நைட்ரோகிளிசரின் என்ற சேர்மத்தில் தன்னை எரித்துக் கொள்ள 3.5% ஆக்சிஜன் கூடுதலாக உள்ளது. எனவே இந்த இரு சேர்மங்களையும் அடிப்படையாக வைத்து, ட்ரைஅசிட்டீன், அமின் ஆகியவற்றுடன் கரைப்பான் கலந்தோ, கரைப்பான் இன்றியோ பிதிர்வு முறையில் இரட்டைப் பசை எரிபொருள் தயாரிக்கப்படுகிது. 200. மி,மீ.



கரைப்பான் பிதிர்வு முறை



கரைப்பானிலாப் பிதிர்வுமுறை

விட்டத்திற்கு மேலுள்ள பெரிய அளவு எரிபொருள் தண்டுகள் அச்சில் வார்த்துத் தயாரிக்கப்படுவதும் உண்டு.

200 மி.மீ. விட்டத்திற்கும் மேலான பெரும் ஏவூர்தி எரிபொருள் தண்டுகளைப் பிதிர்வு முறைகளில் தயாரிப்பது தீமை தரும். மேலும் உண்டாக்கப் பட்ட ஏவூர்தி எரிபொருள் சீர்குலைந்து, நம்பகத் தன்மையற்றுப் பயனின்றிக் கெட்டுவிடக் கூடும். ஆயினும் பிதிர்வு முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட எரிபொருள் தண்டுகளுக்கு, நீட்டி இழுத்தால் எளிதில் உடையாத நீட்சி இயல்புகள் உண்டு. மேலும் இம்முறை, வார்ப்பு முறையைவிட எளிதானதும் சிக்கனமாதும் ஆகும். பிதிர்வு முறையில் 160மி.மீ. விட்டமுடைய எரிபொருள் உருளைகள் இந்தியாவில் அரவங்காடு, பண்டாரா, இட்டார்சி ஆகிய போர்க் கருவித் தயாரிப்பிடங்களில் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

உருண்டை முறை. முதல் உலகப் போருக்குப்பின் பயனின்றி ஆயுதக்கிடங்கில் வைக்கப்பட்ட முதிர்ந்த எரி பொருளை அமெரிக்காவிலுள்ள வெஸ்ட்டர்ன் கார்ட்ரிட்ஜ் என்ற நிறுவனம் புதுப்பித்து மிகச்சிறந்த எரிபொருளாக மாற்றுவதற்குக் கையாண்ட முறையே உருண்டை முறையாகும்.

இம்முறையில் நாட்பட்ட எரிபொருளை எத்தில் அசெட்டேட் போன்ற கரைப்பானில் இட்டு, நிலைப்பான் முதலிய துணைப்பொருள்களையும் கலந்து உயர் வேகத்தில் கடைந்து, திவலைகளாகத் திரண்ட உருண்டைகள், ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொண்டு மீண்டும் கட்டியாகிப் படிந்துவிடாதபடி, சோளக் கஞ்சி என்னும் பாதுகாப்புக் கூழைக் கலந்து வைப்பர்; அதைக் கவனமுடன் காய்ச்சி வடித்து, உருண்டையான எரிபொருளைப் பிரித்து எடுப்பர். பின்னர் சல்லடையால் அரித்து, எரிபொருளின் எரி விரைவைக் கூட்டுவதற்கு நைட்ரோகிளிசரினையும், எரிவிரைவைக் குறைப்பதற்கு டைநைட்ரோடொலுயீனையும் பூசி, வெப்பத்தை எளிதில் பிரதிபலிக்கும் கரித்தூள் மினுமினுப்பூட்டியுடன் அதனைக் குலுக்கிப் பாத்திரங்களில் அடைத்து வைப்பர்.

வார்ப்பு முறை. கண்டம் விட்டுக் கண்டம் தாவும் எரிகணைகள், விண்ணியியலை அறிய உதவும் ஏவூர்திகள், துணைக்கோள்கள் சுமந்து செல்லும் விண்ணூர்திகள் போன்ற பலவகை ஏவூர்திகளும் 200மி.மீ. விட்டத்தைவிடப் பெரியவை. முன்புகூறிய கரைப்பான்கலந்த பிதிர்வுமுறை, கரைப்பானில்லாப் பிதிர்வு முறை, உருண்டைமுறை ஆகிய மூன்று முறைகளும் சிறிய ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் உற்பத்திக்கே உதவும். அளவில் பெரிய ஏவூர்தி எரிபொருள் தண்டுகள் தயாரிக்கப் பயன்படும் முறை வார்ப்பு முறை எனப்படும்.

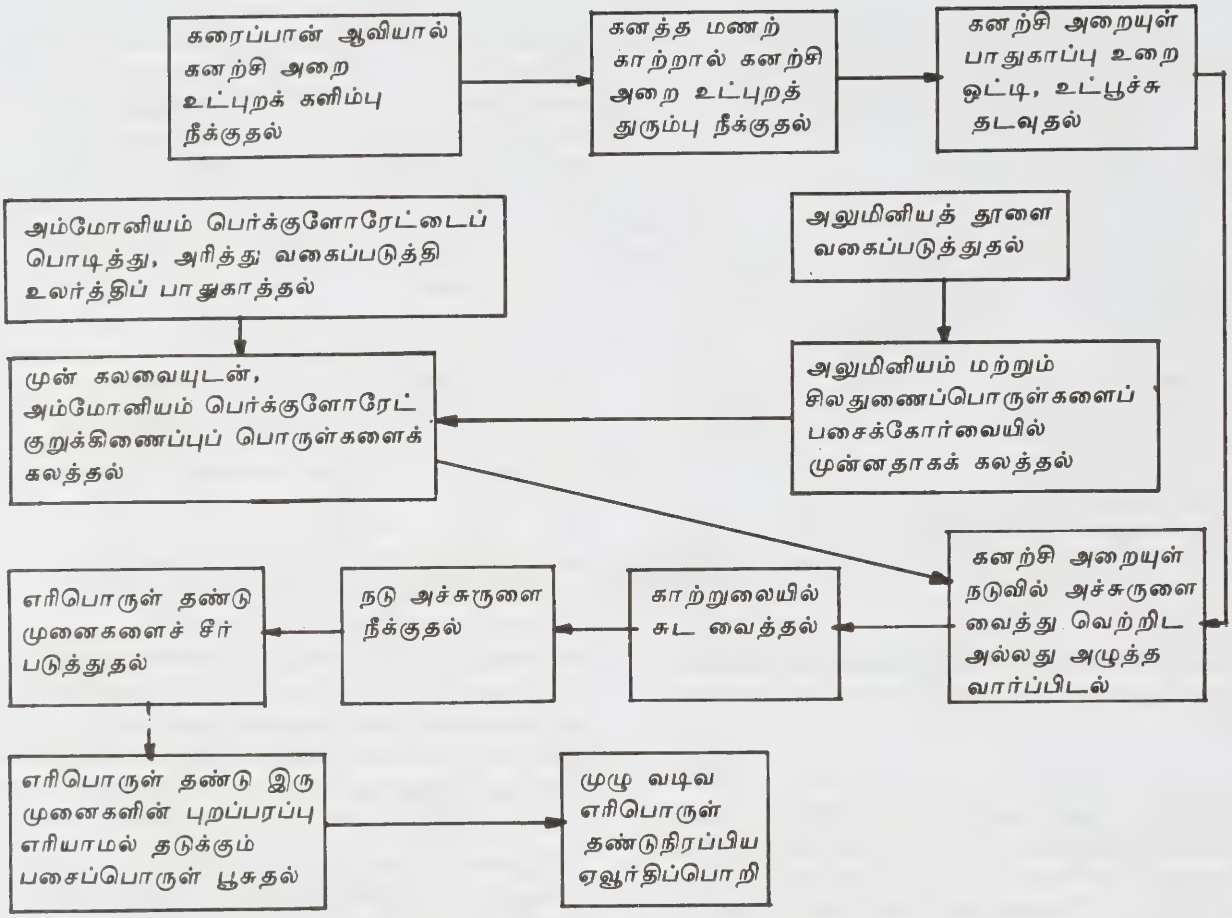
கரைப்பான் கலந்த பிதிர்வு முறையிலோ, உருண்டை முறையிலோ தயாரிக்கப்பட்ட எரிபொருள் தூள் அல்லது உருண்டைகளை மூலப்பொருள்களாகக் கொண்டு வார்ப்பு முறையில் உருவாக்கப்படும் உந்து எரிபொருள்களை வார்ப்பு இரட்டைப்பசை எரி பொருள்கள் எனக் குறிப்பர்.

வார்ப்பு முறை எரிபொருள் தயாரிப்பு

முப்பசை. எரிபொருள் இரட்டைப்பசை எரிபொருளுடன் பிக்ரைட் கலந்து தயாரிக்கப்படும் முப்பசை எரிபொருளைத் துப்பாக்கி வெடி மருந்தாகவும் பயன்படுத்தலாம்.

ஈரியல் உந்து எரிபொருள்

இவ்வகை எரிபொருள், பிசுபிசுப்புத்தன்மை



வார்ப்பு முறை எரிபொருள் தயாரிப்பு

கூடிய பல்லுறுப்புக் கட்டமைப்புடைய கூட்டுப் பொருளும், ஆக்சிஜன் மிகுந்த உப்புநிலையில் உள்ள ஆக்சிஜனேற்றியும் இரண்டறக் கலந்ததாகும். இத்தகைய உந்து எரிபொருள்களின் மூலப்பொருளாகப் பிசுபிசுப்பான பல்லுறுப்புப் பசைக் கோர்வை (viscous polymeric binder), திண்மநிலை ஆக்சிஜனேற்றி ஆகியவை உள்ளன.

மேலும் உலோக எரிபொருள், இளக்கி, குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள், எரிவேகம் மாற்றி, வினை ஊக்கி, நிகழ்ச்சி உதவி, நிலைப்பான் போன்ற சில துணைப்பொருள்களும் தேவைப்படுகின்றன.

பல்லுறுப்புப் பசைக் கோவை. ஏவூர்தி எரிபொருளின் அனைத்து மூலப்பொருள்களையும் கட்டுக் கோப்புடன் இணைத்துப் பாதுகாப்பாக வைத்துக் கொள்ளும் முதன்மையான பொருள் பசைக் கோவையாகும். திண்மநிலை எரிபொருளின் எடையில் இது 15-20% இருக்கும்.

பல்வேறு பசைக் கோவைகளின் பிசுபிசுப்புத் தன்மை அல்லது பாகுநிலை அவற்றின் இயல்புக்கேற்ப ஏறத்தாழ 40-400 பாய்ஸ் வரை மாறுபடலாம். இவற்றுக்கு 80-90% வரை திண்மநிலை மூலப் பொருட் சுமையை (solid - loading) ஏற்றுக் கொள்ளும் தன்மையுண்டு. மிகக் கடுமையான வெப்பம், குளிர், கையாளுமை போன்ற சூழ்நிலைகளிலும், ஏவூர்திப் பொறிக் கூட்டினுள் அமைந்துள்ள எரிபொருள் தண்டு, வெடிப்பு ஏற்பட்டு விடாதவாறு அதிர்ச்சிகளைத் தாங்கிக் கொள்ளும் நீட்சித்திறன் அழுத்தத் திறன், மீட்சித்திறன் உடையதாக இருக்க வேண்டும்.

மிகக்குறைந்த கண்ணாடி மாறு வெப்பநிலையைக் (glass transition temperature - tg) கொண்டிருக்க வேண்டும்; இவ்வெப்பநிலை ரப்பர் முதலிய மீட்சித் திறன் உடைய பொருள்களின் முக்கிய பண்பாகும். ரப்பரைச் சாதாரண வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர்ச்சி செய்து கொண்டே இருந்தால், அது ஒரு குறித்த குளிர் வெப்பநிலையில் தன் மீட்சித்திறனை முழுதுமாக இழந்து, இழுத்தால் நீளாமல் நொறுங்கி உடைந்துவிடக்கூடிய கண்ணாடித் தன்மையை அடையும். அந்தக் குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையே அந்த ரப்பரின் கண்ணாடி மாறு வெப்பநிலையாகும்.

ரப்பர் நிலை ⇌ கண்ணாடி நிலை. 1 கிராம் பசைக் கோவையை எரித்தால் 10 கிலோ கலோரிக்கும் மேற்பட்ட வெப்பத்தை வெளியிட வேண்டும். இது எரிந்தால் வெளிவரும் புகை வளிமங்கள் மிகக் குறைந்த எடையுள்ள மூலக்கூறுகளாக இருத்தல் வேண்டும்.

எளிதில் கிடைப்பனவாகவும், விலை குறைந்தனவாகவும் இருக்க வேண்டும். பல்லுறுப்புப் பசைக் கோவைகளில் வெப்பத்தால் இறுகும் (thermo setting) பொருள்கள், வெப்பத்தால் இளகும் (thermo -plastic) பொருள்கள் என இரு வகையுண்டு.

வெப்பத்தால் இறுகுவன. இவ்வகை ரெசினில் முதன்முதலில் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது நீர்ம பாலிசல்ஃபைடு ஆகும். அமெரிக்காவிலுள்ள தாரை (jet) உந்துமை ஆய்வுக் கூடம்தான் முதல் கூட்டு எரி பொருளை உருவாக்கியது. இந்தியாவில் விக்ரம் சாராபாய் விண்வெளி ஆய்வு மையம் தயோபெட் (thioped) வகை எரிபொருளை உருவாக்கியது. பாலிசல்ஃபைடுகளைத் தவிர பாலியூரிதேன், பாலிபியூட்டாடையின் வகை எரிபொருள்கள் ஏவூர்திகளில் எரிபொருள்களாகப் பயன்படுகின்றன.

வெப்பத்தால் இளகுவன. பாலிவினைல் குளோரைடு தூளினை டைஅக்டைல் தாலேட் போன்ற கரைப்பானில் இட்டுக் கலக்கி, குழம்பாக்கி, அதனுடன் எரிபொருளின் ஏனைய துணைப்பொருள்களைச் சேர்த்துக் காற்றுலையில் ஜெல் வடிவத்தில் கட்டியாக்கித் தயாரிக்கப்படும் உந்து எரிபொருள்கள் வெப்பத்தால் இளகும் வகையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

ஆக்சிஜனேற்றி. மேற்கண்ட பசைச் கோவை எரிபொருள்களை எரிக்கத் தேவையான ஆக்சிஜன் வழங்கும் ஆக்சிஜனேற்றியே, மொத்த உந்து எரி பொருள் தண்டின் எடையில் ஏறத்தாழ 70% நிறைந்துள்ளது.

இந்த ஆக்சிஜனேற்றி மூலம் உயரளவு ஆக்சிஜன் கிடைக்க வேண்டும். சிறிதளவு ஆற்றலினால் ஆக்சிஜனேற்றி மிகை வெப்பத்துடன் சிதைவுற வேண்டும். இதற்காக ஆக்சிஜனேற்றியின் உருவாதல் வெப்பம் குறைந்தும் அடர்த்தி மிகுந்தும் இருக்க வேண்டும். வெப்பம், அதிர்ச்சி போன்ற சூழ்நிலைகளில் தீமை விளைவிக்காததாகவும் இருக்க வேண்டும். ஈரத்தை ஈர்த்துக் கொள்ளும் தன்மை குறைந்ததாக இருக்க வேண்டும். இதன் எரிவினைப் பொருள்களின் மூலக் கூறு எடை குறைந்ததாகவும், அரிப்புத்தன்மை, நச்சுத்தன்மை அற்றவையாகவும், எளிதில் கிடைக்கக் கூடியதாகவும், கிடங்கில் சேமித்து வைக்கும் காலங்களில் தரம் குன்றாததாகவும் இருக்க வேண்டும்.

உலோக எரிபொருள். புதிய திண்ம எரிபொருள்களில் வெப்ப ஆற்றலை மிகைப்படுத்த ஏறத்தாழ 10-20% எடை உலோக எரிபொருள், உந்து எரி பொருளில் சேர்க்கப்படுகின்றது. இவை எரியும்போது மிகுதியான வெப்பத்தை வெளிவிட வேண்டும். ஏவூர்தியின் குறைந்த பருமனில் மிகுந்த எடை எரிபொருள் நிரப்புவதற்காக மிகுந்த அடர்த்தி உடையவையாக இருக்க வேண்டும். எரிவினைப் பொருள்கள் நச்சுத்தன்மை அற்றவையாக இருக்க வேண்டும். எளிதில் கிடைக்கக் கூடியவையாகவும் இருக்க வேண்டும்.

அலுமினியம், மக்னீசியம், பெரிலியம் முதலியன சில குறிப்பிடத்தக்க உலோக எரிபொருள்களாகும்; எனினும் மேற்குறித்த தேவைகளைப் போதிய அளவு நிறைவு செய்யும் அலுமினியம் ஏறத்தாழ 10 மைக்ரோ மீட்டர் அளவுள்ள தூள் வடிவில் ஏவூர்திகளில் பயன்படுகின்றது.

இணக்கி (plasticizer). பசைக்கோவையின் பிசுபிசுப்புத் தன்மையைக் குறைத்து இணங்கச் செய்தால் மட்டுமே அதில் ஏனைய திண்மப்பொருள்களை இட்டுக் கலக்க இயலும். இதற்கு டைஅக்டைல் தாலேட், டைஅக்டைல் அடிப்பேட், டைபூட்டைல் தாலேட், டைபியூட்டைல் செபாக்கோட் போன்ற எஸ்ட்டர் வகைச் சேர்மங்கள் பயன்படுகின்றன.

குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள். பசைக்கோவையுடன் வினைபுரிந்து அதைக் கட்டியாக்க, குறுக்கு இணைப்புப்பொருள்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. எப்பாக்சைடுகளில் பீஸ்ஃபீனால்-A இன் டை-எப்பாக்சைடுடைய டைகிளிசரைல் ஈதர் குறிப்பிடத்தக்கது. அசிரிடினைல்களில் ட்ரைமெத்தில் அசிரிடினைல் ஃபாஸ்ஃபீன்ஆக்சைடு குறிப்பிடத்தக்கது.

எரிவேகம் மாற்றி. ஏவூர்தியின் பயனைப் பொறுத்து உந்து எரிபொருளின் எரிவேகத்தைக் மிகையாக்க அல்லது குறைக்க வேண்டி வரும். அதற்காக முறையே இரும்பு ஆக்சைடு, போன்ற எரிவேக முடுக்கி (burning rate accelerator) அல்லது லித்தியம் ஃபுளுரைடு போன்ற எரிவேக ஒடுக்கி (burning rate retarder) எரிபொருளில் சேர்க்கப்படும். இது எரி பொருளின் மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ 2% க்கும் குறைவு.

வினையூக்கி. இது பசைக் கோவையின் குறுக்கிணைப்பு வினையை விரைவுபடுத்தப் பயன்படும் துணைப்பொருள் ஆகும். இது உந்து எரிபொருளின் வகைக் கேற்ப வேறுபடும்.

நிகழ்ச்சி உதவி. ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் தயாரிப்பில் எளிதில் பாயும் தன்மையை மிகைப் படுத்த உதவுவது நிகழ்ச்சி உதவி ஆகும். முட்டை, சோயா பீன்ஸிலிருந்து எடுக்கப்படும் லெசிதின் என்ற ஒருவகைப் புரோட்டீனை எரிபொருளின் எடையில் 1% அளவில் கலப்பதுண்டு.

நிலைப்பான். ஏவூர்தி எரிபொருளைக் கிடங்கில் பாதுகாக்கும்போது அது எந்தவிதமான சீர்கேடு அடையாமலிருக்க அவற்றுடன் நிலைப்பான்கள் கலக்கப்படும். திண்ம எரிபொருள் தயாரிப்பின் அனைத்து நிலைகளிலும் தன்மைக் கட்டுப்பாட்டு ஆய்வுகள் நடத்தப்படுகின்றன. அவற்றுள் வேதி, எந்திரவியல், எக்ஸ்-கதிர், நுண்ணலை ஆய்வுகள் அடங்கும்.

வெப்பத்தால் இறுகும் எரிபொருள்களை 60°-80°C வரையான தாழ் வெப்பநிலையிலும், வெப்பத்தால் இளகும் எரிபொருள்களை ஏறத்தாழ 170°C வரையான உயர் வெப்பநிலையிலும் வெப்பப்படுத்துவதுண்டு. மேலும் குறிப்பிட்டுள்ள வார்ப்புமுறையில் தயாராகும் எரிபொருள் தண்டு, ஏவூர்திப் பொறிக் கூட்டோடு இணைக்கப்பட்டு உருவாக்கப்படுகிறது. தவிர, எரிபொருள் தண்டைக் காற்றுலையில் வெப்பப் படுத்திய பின்னர் அச்சிலிருந்து தனியே எடுத்துத் தேவையான ஏவூர்திகளில் நிரப்புவதும் உண்டு.

இவ்வாறு தயாரிப்பு நிலைகளில் எரிபொருளில் தன்மைகளுக்கேற்பத் தகுந்த மாற்றங்கள் செய்வதுண்டு. இந்த நிகழ்ச்சிகளில் பயன்படுத்தப்படும் அரைவை எந்திரங்கள், கலவை எந்திரங்கள், காற்றுலைகள், எடைக் கருவிகள், அழுத்த அளவிகள், வெப்ப அளவிகள் ஆகிய அனைத்துக் கருவிகளும் மிக நுணுக்கமுடையவை.

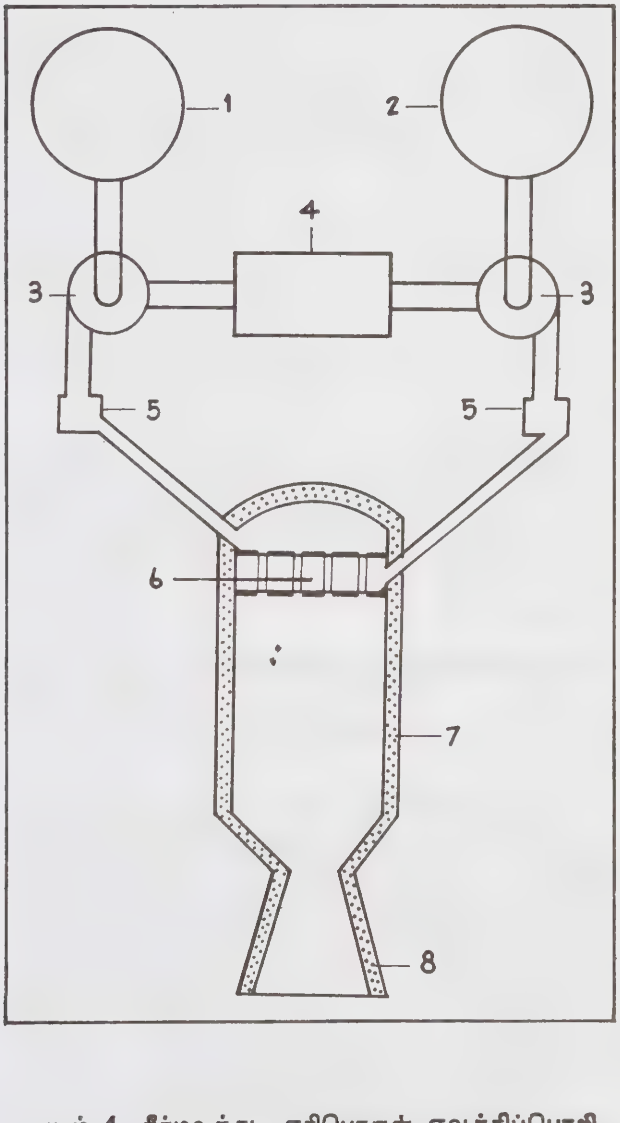
இத்தகைய ஏவூர்தி எரிபொருள்கள் காற்றில்லா வெற்றிடத்திலும், நீருக்கடியிலும் கூடத் தீப்பிடித்து வெப்பமும் சுடரும் வெளிவிடும் ஆற்றல் மிக்கவையாதலால் இவற்றால் தீங்கும் நேரலாம். அதனால் இவற்றைத் தயாரிப்பதிலும், கையாளுவதிலும், இடம் விட்டு வேறோர் இடத்திற்குக் கொண்டு செல்வது போன்ற நிலைகளிலும் பாதுகாப்பு விதிமுறைகளுக்குக் கட்டுப்பட்டு இயக்க வேண்டும்.

ஈரியல் இரட்டைப்பசை எரிபொருள்கள். நைட்ரோ செல்லுலோஸ், நைட்ரோகிளிசரின் ஆகிய இரட்டைப் பசை எரிபொருள்களுடன் திண்ம நிலையிலுள்ள

சில திண்ம எரிபொருள்களும் ஏவூர்திகளும்

திண்ம உந்து எரிபொருள்	பயன்படுத்தப்பட்ட ஏவூர்தி ஏவுகணை	நாடு
பாலியூரிதேன்/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	போலாரிஸ் ஏ-3 முதல் நிலை	அமெரிக்கா
நைட்ரோசெல்லுலோஸ் நைட்ரோகிளிசரின்/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	போலாரிஸ் ஏ-3இன் இரண்டாம் நிலை, மினிட்மேன் 11	அமெரிக்கா
நைட்ரோசெல்லுலோஸ் நைட்ரோகிளிசரின்/ அலுமினியம்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	ஸ்கௌட்	அமெரிக்கா
பாலிபியூட்டாடையீனின் பலவகைகள் அலுமினியம்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	செயற்கைக்கோள் ஏவும் விண்கலம்-3 (SLV-3) இன் நான்கு நிலைகளிலும்	இந்தியா
பாலிவினைல் குளோரைடு/ அம்மோனியம் பெர்க்குளேரரேட்	சென்டார் (Centaur) இரு நிலைகள் ரோகிணி 560 இன் இரண்டாம் நிலை	பிரான்ஸ்/ இந்தியா இந்தியா
பாலிவினைல் குளோர்ரைடு/ அலுமினியம்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	ரோகிணி-560 இன் முதல்நிலை, ரோகிணி-125, ரோகிணி 100, மேனகா	இந்தியா

அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்-அலுமினியம் தூள் கலந்த வார்ப்புப் பொடியால் ஏவூர்தி உந்து எரி பொருள்களை உருவாக்கலாம். இவை இயல்பில் மிகச் சிறந்தனவும், ஆற்றல் மிக்கனவும் ஆகும். ஆனால் இந்தத் தயாரிப்பு முறை மிகவும் ஆபத்தானது. இந்தியாவில், திருவனந்தபுரத்திலுள்ள ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் நிலையத்திலும், ஆந்திர மாநிலத் தில் நெல்லூர் மாவட்டத்திலுள்ள ஷார் நிலையத்தில் இயங்கி வரும் திண்ம உந்து எரிபொருள் ஊக்கி நிலையத்திலும் இம்முறையில் எரிபொருள்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.



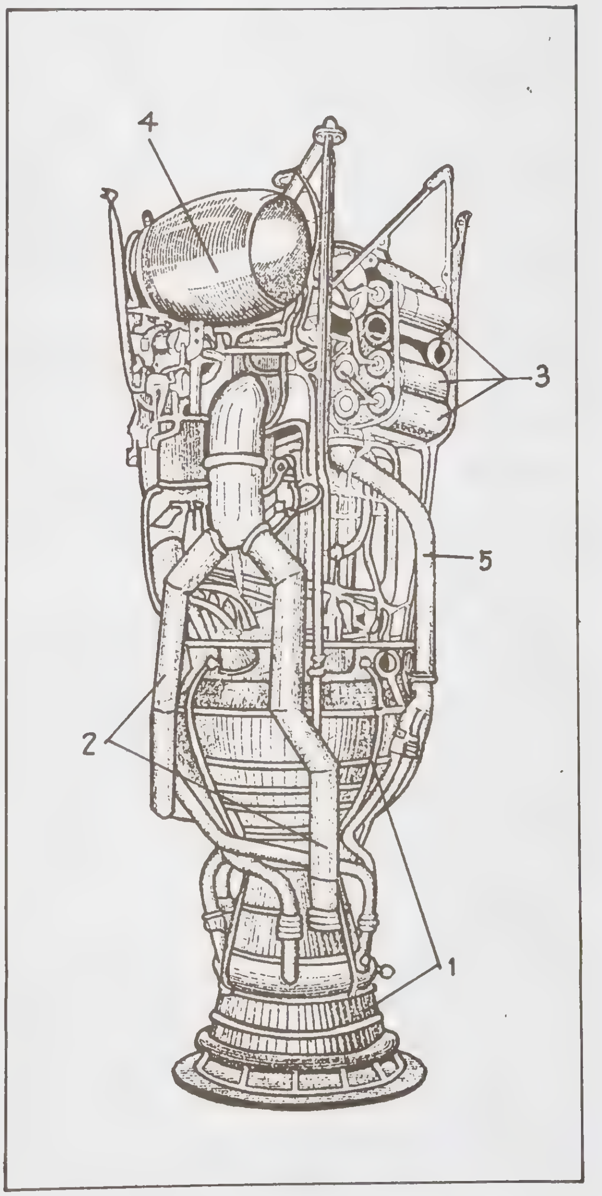
படம் 4. நீர்மஉந்து எரிபொருள் ஏவூர்திப்பொறி

1. எரிபொருள் தொட்டி 2. ஆக்சிஜ்னேற்றி தொட்டி 3. எக்கிகள் 4. சுழலி 5. பாய்மக் கட்டுப்பாடு 6. உட்செலுத்தி (injector) 7. கனற்சி அறை 8. கூம்புக் குழல்

நீர்ம நிலை உந்து எரிபொருள்கள்

திண்மநிலை எரிபொருள்களைப் போலல்லாமல், நீர்ம எரிபொருள்களில் எரிபொருளும் ஆக்சிஜனேற்றி யும் தனித்தனி அறைகளில் பத்திரப்படுத்தப்பட்டுத் தேவைக்கேற்ப கனற்சி அறைக்குள் செலுத்தப்படு கின்றன.

ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு. எரிபொருளையும் ஆக்சிஜனேற்றியையும் விசையுடன் கனற்சி



படம் 5 'V-2' ஏவூர்திப்பொறி

1. கனற்சி அறை 2. சுழலிருந்நு வளிமம் செல்லும் போக்குக் குழாய்கள் 3. அழுத்த வளிமம் நிரம்பிய தொட்டி 4. ஆக்சிஜனேற்றி (ஹைட்ரஜன் பெர்ஆக்சைடு) தொட்டி 5. கனற்சி அறைக்குள் எரிபொருள் செலுத்தும் குழாய்

அறைக்குள் செலுத்தும் உந்து எரிபொருள் அமைப்பைப் படம் 4இல் காணலாம். ஏதாவது ஓர் அழுத்த வளிமத்தால், எரிபொருள், ஆக்சிஜனேற்றி ஆகியவற்றை அழுத்தி, கனற்சி அறைக்குள் பாய்ச்சும் அமைப்பும் உண்டு.

நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை. இவை உயர் ஒப்பு விசை எண் உடையனவாக இருக்க வேண்டும். இதன் எரிவினைப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் எடை குறைந்தும், எரியும்போது மிகுந்த வெப்பநிலை தருமாறும் இருக்க வேண்டும். உயர் அடர்த்தி எண் உடையதாகவும் சீராக எரியக் கூடியவையாகவும், வெப்பத்தை எளிதில் கடத்து பவையாகவும், சாதாரண வெப்பநிலையில் ஆவியாகா தவையாகவும், குறைந்த உறைநிலை, குறைந்த பாகுநிலை உடையனவாகவும், சாதாரண வெப்ப நிலைகளில்எளிதில் தீப்பிடிக்காதவையாகவும், நச்சுத் தன்மை, அரிக்கும் தன்மை அற்றனவாகவும் இருக்க வேண்டும். உள் நாட்டில் எளிதில் குறைந்த விலை யில் கிடைக்க வேண்டும். இந்த நீர்ம எரிபொருள் களை இருபெரும்பிரிவுகளாக வகுக்கலாம். அவை ஒரு நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் (mono-propellants) இரு நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் (bi-propellants) என்பனவாகும்.

ஒரு நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள். இவை காண்ப தற்கு ஒரே தனி நீர்மமாக இருக்கும். இவற்றிலும் இரண்டு வகையுண்டு. இவை சாதாரண வெப்பநிலை யில் சேமிக்கத்தக்கனவாகும்.

ஓரியல் நீர்ம எரிபொருள்கள். இவ்வகை எரி பொருள்கள் தம்மைத்தாமே எரித்துக்கொள்ளத் தேவையான ஓரளவு ஆக்சிஜனை உள்ளடக்கியன வாக இருக்கும். சான்றாக, ஹைட்ரஜன் பெர்ஆக் சைடு என்னும் எரிபொருள் கால்சியம் பெர்மாங்க னேட் தடவிய ஆலண்டம் வில்லைகள் மீது செலுத்தப்படும்போது தீப்பற்றிக் கொள்ளும். நைட்ரோமீத்தேன், எத்திலின் ஆக்சைடு, நைட்ரோ கிளிசரின் ஆகியனவும் இவ்வகையைச் சாரும்.

மிகுதியான அழுத்தத்தினாலோ, வெப்பத் தினாலோ, வினையூக்கி மீது பீச்சப்படுவதாலோ சிதைவுற்று வெப்பமுடன் சிறிய மூலக்கூறுகளாகப் பிரியக் கூடிய நீர்ம எரிபொருள்களும் உண்டு. சான்றாக, ஹைட்ரசீன் என்ற எரிபொருள் ஏறத் தாழ 500°C வெப்பத்தில், இருபது மடங்கு காற்றழுத்தத்தில் அல்லது இரிடியம் எனும் உலோ கத்தின் மீது செலுத்தப்படும்போது நைட்ரஜன், அம்மோனியா, ஹைட்ரஜன் வளிமங்களாகச் சிதை வுறுகிறது.

கூட்டு நீர்ம எரிபொருள்கள். இரண்டாம் உலகப் போரின்போது ஜெர்மானியரால் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட மைரால் எனப்படும் மெத்தில் நைட்ரேட், மெத்தனால் இவற்றின் கலவை போன்றே, ஒரே நீர்மமாகத் தோற்றமளிக்கும் இரு கூட்டுப் பொருள் களின் கலவையும் ஒரு நீர்ம உந்து எரிபொருள் ஆகும். மெத்தில் ஆல்கஹாலும், ஹைட்ரஜன் பெர் ஆக்சைடும் சேர்ந்த கலவை, நீர்ம அம்மோனியாவும் அம்மோனியம் நைட்ரேட்டும் சேர்ந்த கலவை ஆகியவை பிற சான்றுகளாகும்.

இரு நீர்ம உந்து எரி பொருள்கள். இவ்வகையில் எரிபொருளும் ஆக்சிஜனேற்றியும் இருநீர்மங்களாகத் தனித்தனியே பாதுகாக்கப்பட்டுக் கனற்சி அறைக்குள் கலந்து எரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றைப் பாதுகாக்கும் முறைப்படி மூன்றாகப் பிரிக்கலாம். அவை, சேமிக்கத் தகும் நீர்ம எரிபொருள்கள், அதிகுளிர்ப்பதன நீர்ம எரிபொருள்கள், பகுதி அதிகுளிர்பதன நீர்ம எரி பொருள்கள் என்பன.

சேமிக்கத்தகும் நீர்ம எரிபொருள்கள். சாதாரணக் காற்றழுத்தத்தில் ஏறத்தாழ 25° - 70°C வெப்ப நிலையில், 2-5 ஆண்டுக்காலம் வரை கெடாமல் பாதுகாக்கத் தகுந்த நீர்ம எரிபொருள்கள் இவ் வகையுள் அடங்கும்.

எரிபொருள்கள். காசோலின், RP—1 எனப்படும் மண்ணெண்ணெய் வகை ஹைட்ரசீன், மெத்தில் ஹைட்ரசீன், சீரற்ற டைமெத்தில் ஹைட்ரசீன் போன்ற ஹைட்ரசீன் வகை, சில போரான் ஹைட்ரைடுகள், ஆல்கஹால்இன எரிபொருள்கள் ஆகியவை.

ஆக்சிஜனேற்றிகள். வெண்புகை நைட்ரிக் அமிலம் செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு முதலியன. மேற்கண்ட ஏதே னும் ஓர் எரிபொருளுடன் ஓர் ஆக்சிஜனேற்றியைக் கலந்து பலவகை உந்து எரிபொருள் அமைப்புகளை உண்டாக்கலாம்.

மிகுகுளிர்பதன நீர்ம எரிபொருள்கள். இவை நீர்ம மாக்கப்பட்ட வளிமங்களாகும். இவற்றின் கொதி நிலை பனிக்கட்டி உருகுநிலையைவிடப் பன்மடங்கு தாழ்ந்ததாகும்.

பகுதி மிகுகுளிர்பதன நீர்ம எரிபொருள்கள். இவ் வகையில் எரிபொருளோ ஆக்சிஜனேற்றியோ மிகு குளிர்பதன நீர்மமாக இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக RP-1 எனப்படும் மண்ணெண்ணெய் இன எரிபொருளு டன் நீர்ம ஆக்சிஜனைப் பயன்படுத்தலாம். மேலும் இரு நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் கலப்புத் தரும் விளைவைப் பொறுத்து இவற்றை இருவகைப்படுத் தலாம். அவை, உடன் தீப்பற்றும் கலவை உடன் தீப்பற்றாக் கலவை என்பனவாகும்.

உடன் தீப்பற்றும் கலவை. எரிபொருளும் ஆக்சிஜ னேற்றியும் கலந்த உடனேயே ஏறத்தாழ 50 மில்லி வினாடிகளுக்குள்ளாகத் தானாகவே தீப்பற்றிக் கொள்ளும் உந்து எரிபொருள் கலவையை, உடன்

நீர்ம எரிபொருளும் ஏவூர்திகளும்

நீர் உந்து எரிபொருள்	பயன்படுத்தப்பட்ட ஏவூர்தி/ ஏவுகணை	நாடு
ஆர்.பி-1/நீர்ம ஆக்சிஜன்	அட்லஸ், ஜுபிடர், டைட்டான்-1 இவற்றுடன் சாட்டர்ன் முதல்நிலையிலும்	அமெரிக்கா
நீர்ம ஹைட்ரஜன்/நீர்ம ஆக்சிஜன்	கொலம்பியா விண்வெளி ஓடம்	அமெரிக்கா
75% எத்தில் ஆல்கஹால்/ நீர்ம ஆக்சிஜன்	வி-2 (V-2)	ஜெர்மன்
ஏரோசீன் எனும் 50% சீரற்ற டைமீதைல் ஹைட்ரசீனும் 50% ஹைட்ரசீனும் சேர்ந்த கலவை நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	டைட்டான் - II	அமெரிக்கா
சீரற்ற டைமெத்தில் ஹைட்ரசீன்/ செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம்	அட்லஸ், தோர், அஜினாவின் மேல் நிலைகள்.	அமெரிக்கா
ஹைடைன் எனும் சீரற்ற டை ஹைட்ரசீனுடன்/மெத்தில் டை எதிலின் ட்ரைமின் கலவை/ செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம்	ரெட்ஸ்டோன்	அமெரிக்கா
மண்ணெண்ணெய் நீர்ம ஆக்சிஜன்	சோயுஸ் T - 11	ரஷ்யா
ஹைட்ரசீன்	SLV -3-ன் 3ம் நிலையில் துணை உந்தும எரிபொருள்	இந்தியா
ஹைட்ரசீன்/செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம்	SLV-3-ன் 2ம் நிலையில் துணை உந்தும எரிபொருள்	இந்தியா
ஹைட்ரசீன்	ஆப்பிள் செயற்கைக்கோள்	இந்தியா
சீரற்ற டைமெத்தில் ஹைட்ரசீன்/ நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	திட்டமிடப்பட்டுள்ள PSLV (polar satellite launch vehicle) துருவ வழிச்சுழலும் செயற்கைக் கோள் ஏவும் விண்கலம் இரண்டாம் நிலை	இந்தியா
மோனோமெத்தில் ஹைட்ரசீன் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	திட்டமிடப்பட்டுள்ள 4-ம் நிலை	இந்தியா

தீப்பற்றும் கலவை எனலாம். எ.கா. ஹைட்ரசீனு டன் 90% ஹைட்ரஜன் பெர்ஆக்சைடு, ஹைட்ரசீனு டன் செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம், அனிலினுடன் செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம், சீரற்ற டைமீதைல் ஹைடிரசீனுடன் நைட்ரஜன்.

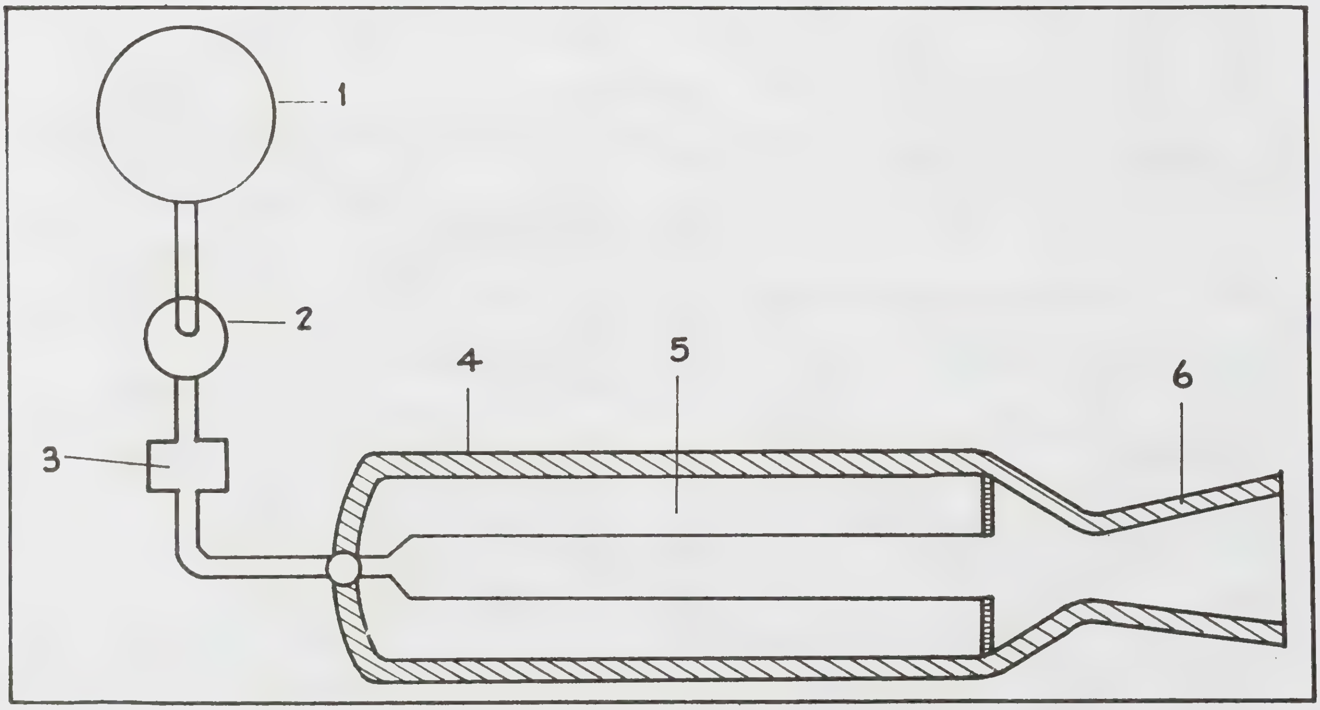
உடன் தீப்பற்றாக் கலவை. கேசோலினுடன் நீர்ம ஆக்சிஜனோ, அம்மோனியாவுடன் நீர்ம ஆக்சி ஜனோ கலந்தால் அவை உடனே தீப்பற்றிக் கொள் வதில்லை. இக்கலவையை எரியூட்ட கனல் நுட்ப எரியூட்டிகளோ மின்பொறிக்கருவிகளோ, முன்ன தாகவே எரியூட்டப்பட்ட எரிபொருட் கலவையோ வினைஊக்கியோ பயன்படுத்தப்படும்.

திண்ம-நீர்ம உந்து எரிப்பொருள்களின் ஒப்பீடு. திண்ம எரிபொருள்களின் ஒப்புவிசை எண் நீர்ம எரி பொருள்களின் எண்ணைவிடக் குறைவு.

திண்ம எரிபொருள் தயாரிப்பில் பல்வேறு நிலை கள் இருப்பதால், நீர்ம எரிபொருள் தயாரிப்பை விடச் சற்றுத் தீமையானது. திண்ம எரிபொருள் உள்ள ஏவூர்திப் பொறியை இயக்கியபின், கட்டுப் படுத்த முடியாது. ஆனால் நீர்ம எரிபொருள்களின் அளவை ஒருவழித்திறப்பான்களால் (valves) கட்டுப் படுத்தி, ஏவூர்தியின் பயணத்தை ஒழுங்கு செய்ய இயலும். இத்தகைய சிறப்புகள் கொண்டிருந்தாலும் நீர்ம உந்து எரிபொருள்களுக்குக் குறைகளும் உள்ளன.

பொதுவாக நீர்ம எரிபொருள்கள், திண்ம எரி பொருள்களைவிட அடர்த்திக் குறைந்தவை. நீர்ம எரிபொருள், ஆக்சிஜனேற்றிகள் ஏவூர்திக்குள்ளேயே தனித்தனி அறைக்குள் நிறைத்து வைக்கப்படுவதால், எரிபொருள் தொட்டிகள் ஒருவழித்திறப்பான்கள், சுழலிகள், எக்கி, செலுத்துக் குழாய்கள், உட் செலுத்திகள் போன்ற பல கருவிகள் ஏவூர்தியின் எடையைப் பெருக்கிப் பயனைக் குறைத்து விடுகின் றன. மேலும் நீர்ம எரிபொருள் கோவையின் அமைப்பு, திண்ம எரிபொருள் பொறியமைப்பை விடச் சிக்கலானது.

நீர்ம எரிபொருள்களைக் கிடங்கில் பாதுகாப் பதும் கடினம். அவற்றின் ஆவி பொதுவாக நச்சுத்



படம் 6. கலப்புநிலை ஏவூர்திப்பொறி

1. நீர்ம ஆக்சிஜனேற்றத் தொட்டி 2. எக்கி 3. பாய்மக் கட்டுப்பாடு 4. கனற்சி அறை 5. திண்ம எரிபொருள் 6. கூம்புக்குழல்

தன்மை, அரிக்கும் தன்மை கொண்டது. அதனாலேயே முழு உருப்பெற்ற ஏவூர்தி செலுத்தப்படுவதற்குச்சில மணி நேரங்களுக்கு முன்னர் மட்டுமே, நீர்ம எரிபொருள்கள் ஏவூர்திகளுக்குள் நிரப்பப்படுகின்றன. திண்ம எரிபொருள் ஏவூர்திப் பொறித் தயாரிப்பைவிட, நீர்ம எரிபொருள் ஏவூர்தி அமைப்பதற்கு மிகுதியான ஆள்களும், ஆற்றலும், காலமும் தேவைப்படும். திண்ம எரிபொருள்கள் நீர்ம எரிபொருள்களைவிடக் குறைந்த விலையுடையன. மேற்குறித்த ஒப்பீட்டுத் தேர்வினால் பெரும்பாலும் கொலம்பியா, டைட்டான் போன்ற ஏவூர்தியின் முதல் நிலைகளில் திண்ம உந்து எரிபொருள்களும் பயன்படுகின்றன.

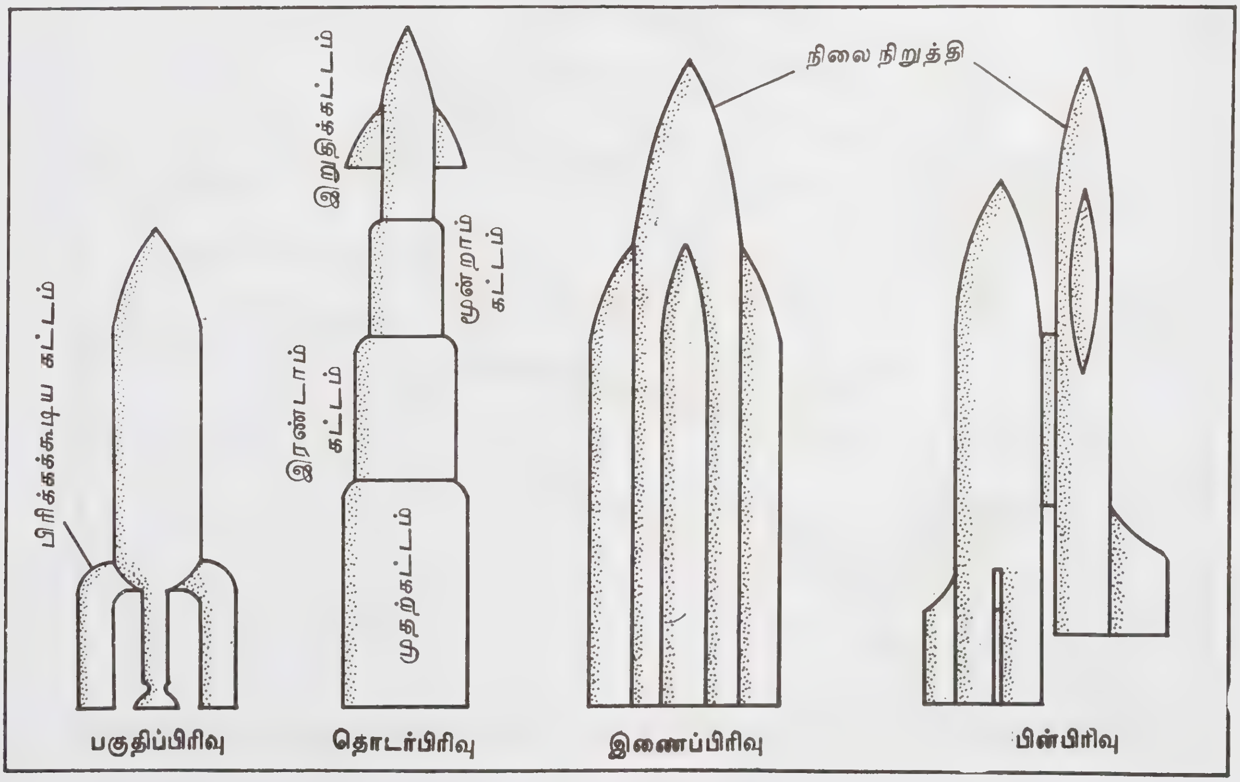
கலப்பு நிலை உந்து எரிபொருள்கள். இவ்வகை உந்து எரிபொருள்களால் இயங்கும் ஏவூர்திப் பொறிகளில், எரிபொருள்-ஆக்சிஜனேற்றி இவற்றில் ஒன்று திண்ம நிலையிலும் மற்றொன்று நீர்ம நிலையிலும் இருக்கும். இந்த ஏவூர்தி அமைப்பைப் படம் 6 இல் காணலாம்.

ஞெகிழி போன்ற பொருளுடன் அலுமினியத் தூள் கலந்து தயாரிக்கப்பட்ட திண்ம எரிபொருள் அறையினுள், நைட்ரிக் அமிலம் அல்லது ஹைட்ரஜன் பெர்ஆக்சைடு போன்ற ஏதேனும் ஒரு நீர் ஆக்சிஜனேற்றியைச் செலுத்தும்போது, உடனே தீப்பிடித்து வெப்பமும் அழுத்தமும் மிகுந்த வளிமங்களை வெளியிடும். இதைக் கூம்புக் குழல் வழியே விரிந்து வெளியேறச் செய்து ஏவூர்திகள் இயக்கப்படும்.

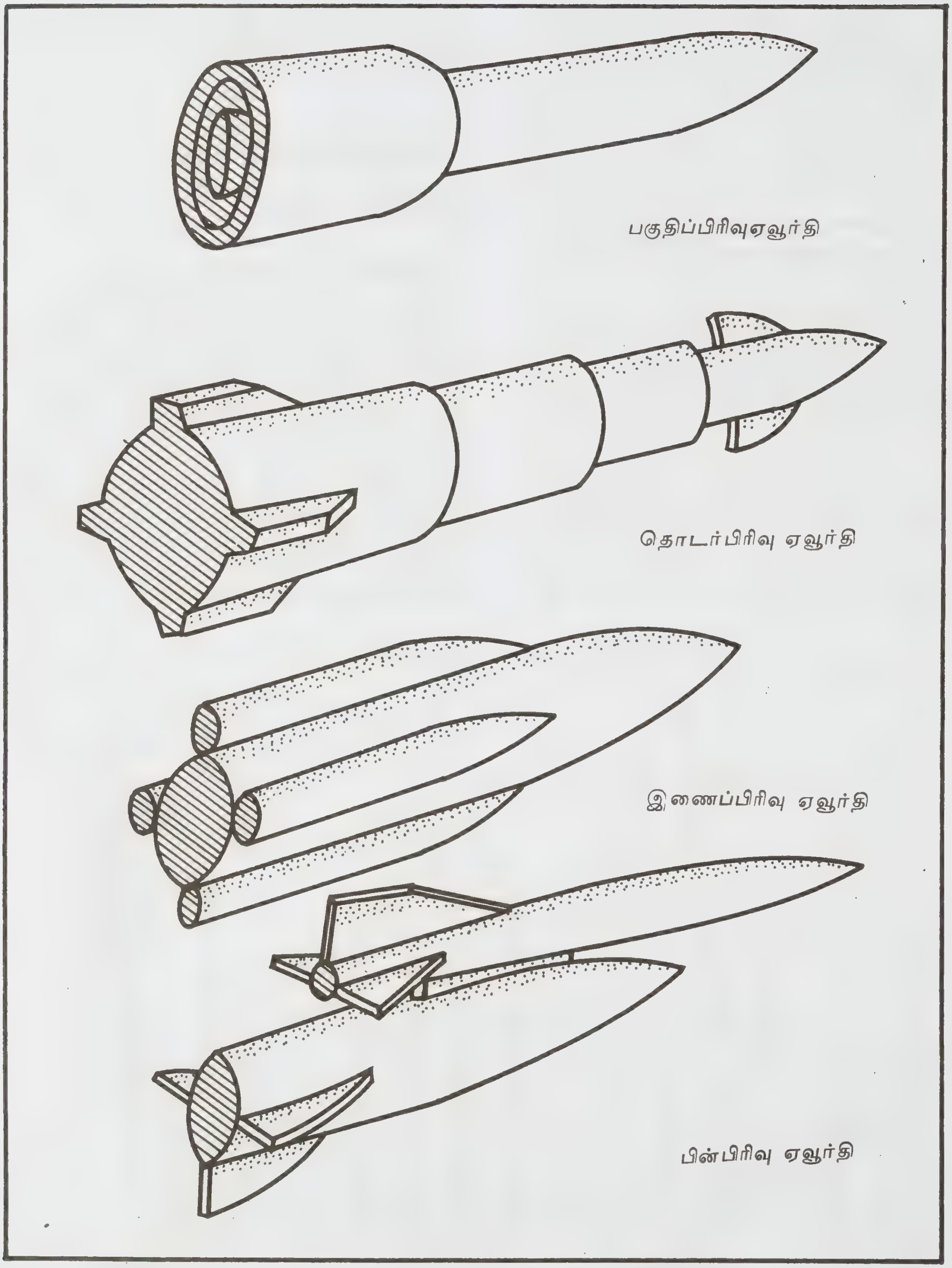
- சு. முத்து

ஏவூர்திக் கட்டம்

ஏவூர்தியின் எரிபொருளை ஒரே கொள்கலனில் இட்டுச் செல்லுமாறு வடிவமைத்தால், உயரே செல்லச் செல்ல, எரிபொருளின் அளவு குறையும் போது வெறுமையாக இருக்கின்ற கொள்கலப் பகுதியின் பளுவையும் சேர்த்து இழுப்பதற்காக ஏவூர்தியின் ஆற்றல் வீணாக்கப்படுகிறது. எனவே கொள்கலனைப் பல சிறு கட்டங்களாகப் (பகுதிகளாகப்) பிரித்தால், ஒரு பகுதியின் எரிபொருள் தீர்ந்தவுடன் அப்பகுதியை மட்டும் ஏவூர்தியிலிருந்து பிரித்து நீக்கிவிடலாம். இதனால் அந்தத் தேவையற்ற வெற்றுப் பகுதியை இழுத்துச் செல்லத் தேவையான ஆற்றல் குறைகிறது. இத்தகைய சில காரணங்களுக்காக ஏவூர்தியை ஒன்றைவிட்டு ஒன்று பிரிக்கவும் நீக்கவும்



படம் 1 (அ) ஏவூர்திக் கட்ட வகை



படம் 1. ஆ

கூடியதாக, பல்வேறு பகுதிகளாக வடிவமைத்தல் ஏவூர்திக் கட்டங்கள் (rocket staging) எனப்படும்.

இதன் முதற்கட்டம் பொதுவாக மிகப் பெரிய தாகவும் கனமானதாகவும் வடிவமைக்கப்படுகிறது. இப்பகுதியே ஏவூர்தியை முதலில் உந்திச் செல்வதால் இது ஊக்கி (booster) எனப்படுகிறது. மற்ற தொடர்ச்சியான கட்டங்கள் யாவும் முதலில் உருவாக் கப்பட்ட உந்து பர்தையைத் தொடர்ந்து செல்ல உதவுவதால் அவை நிலைநிறுத்தி (sustainer) எனக் குறிப்பிடப் படுகின்றன.

ஒவ்வொரு கட்டமும் தன்னளவில் நிறைவான தனி ஊர்தியாகவே வடிவமைக்கப்படுகிறது. ஒவ் வொரு கட்டத்திலும் அதற்குத் தேவையான எரி பொருள், திசைமாற்றுங்கருவி,போதுமான அளவுள்ள கொள்கலன், கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள் இருக் கின்றன.

ஏவூர்தியில் ஏதேனும் ஒரு கட்டத்தின் எரி பொருள் தீர்ந்தபின் அந்தப் பகுதியால் ஏவூர்தியின் இயங்கு ஆற்றலை அதிகரிக்க இயலாது. அந்தக் கட்டத்தினால் ஏவூர்திக்கு எந்தப் பயனும் இல்லை. எனவே அக்கட்டத்தை இழந்து விடுவதன் மூலம், ஏவூர்தியின் பளு குறைகிறது. தேவையற்ற கட் டத்தை இழுத்துச் செல்லத் தேவையான ஆற்றல் மிச்சமாவதால் அந்த ஆற்றலை எஞ்சிய கட்டங் களோடு ஏவூர்தியின் வேகத்தை அதிகரிக்கப் பயன் படுத்தலாம். குண்டு போன்ற தளவாடங்களை மிகுத் தொலைவு கொண்டு செல்லும் ஏவூர்திகளிலும், விமான எதிர்ப்பு ஏவூர்திகளிலும், காற்றில் ஏவப்படும் ராணுவ ஏவூர்திகளிலும் இம்முறை வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பொதுவாக, இரண்டாவது கட்டம் இயங்கத் தொடங்கிய உடனேயே முதற்கட்டத்தின் இயக் கத்தை நிறுத்துதல் நல்லது. நடைமுறையில் இத் தகைய சீரான செயல்பாடு நிகழ்வதில்லை. விண்வெளி யில் புவி ஈர்ப்பு விசை இல்லாமை, உடனிழுத்துச் செல்லும் விசை, உடனுக்குடன் ஆக்கவோ நிறுத் தவோ இயலாத ஏவூர்தியின் உந்து பொறி கட்டங் கள் ஒன்றன் மேல் ஒன்று மேற்படிதல் போன்ற பல உள்ளார்ந்த குறைகளால் ஒரு கட்டத்தைப் பிரித்து எடுத்தல் மிகவும் சிக்கலாகி விடுகிறது. பொதுவாக, கட்டங்களைப் பிரிப்பதற்காகவே தனிப்பட்ட வடி வமைக்கப்பட்ட ஏதேனும் ஒரு எந்திர அமைப்பு ஏவூர்தியோடு இணைக்கப்படுகிறது.

இந்தக் கட்டங்கள் பல வகையில் அமைக்கப் படலாம். வால்போன்ற சிறு கீழ்ப்பகுதி மட்டும் பிரிக்கக் கூடியதாக இருந்தால் அது பகுதிப் பிரிவுக் கட்டம் எனப்படுகிறது. ஒன்றன் பின் ஒன்றாகப் பிரிக்கக் கூடிய பல கட்டங்கள் அமைந்து இருந் தால் அவைதொடர்பிரிவுக்கட்டம் எனப்படும். ஏவூர்தியைச் சுற்றிலும் இணையாகப் பிரிக்கக்கூடிய கட்டங்கள் இருந்தால் அவை இணைப் பிரிவுக் கட்டம் எனப்படுகிறது.ஏதேனும் ஒரு கட்டம் மட்டும் ஏவூர்தி யின் கீழ்ப்புறத்தில் இணைக்கப்பட்டால் அது பின் பிரிவுக் கட்டம் எனப்படுகிறது. இவ்வகை அமைப்புகள் படம் 1-இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நன்மைகள். ஏவூர்தியைக் கட்டங்களாகப் பிரிப் பதால் அது செல்லும் தொலைவை மிகுதியாக்க முடியும். ஏவூர்தியின் வேகத்தை மிகுதிப்படுத்தலாம், மிகுஉயரத்திற்கு செலுத்தலாம், ஏவூர்தியின் இறுதிக் கட்டம் எடுத்துச் செல்ல வேண்டிய எடையை அதி கரிக்கலாம்.

ஏவூர்தியைக் கட்டங்களாகப் பிரிக்கும் வடிவ மைப்பில் மிகு தொல்லைகள் உள்ளமையால் பெரும அளவாக ஏழுகட்டங்களுக்கு மேல் இல்லாதவாறு ஏவூர்தி உருவாக்கப்படும்.

- வயி. அண்ணாமலை

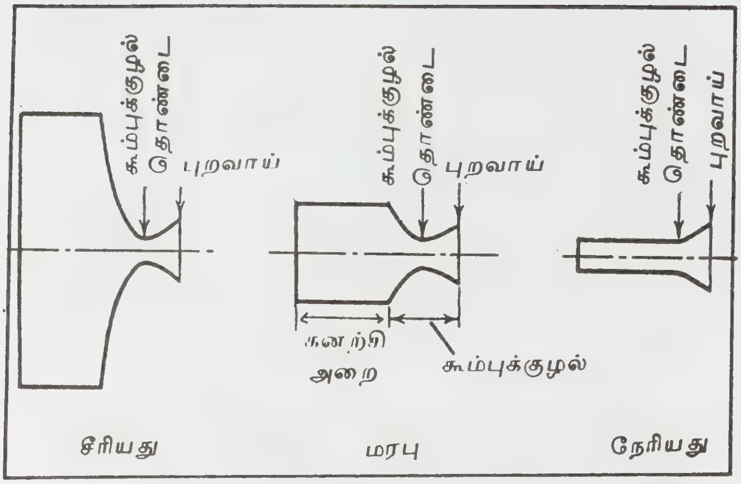
ஏவூர்திப்பொறி

ஏவூர்தியை விசையோடு உந்தித்தள்ள உதவும் திறன் மிக்க முதன்மையான மைய உறுப்பே ஏவூர்திப் பொறி (rocket engine) ஆகும். ஏவூர்திகளில், பொது வாக வேதி ஆற்றல், அணுக்கரு ஆற்றல், மின்னாற்றல் சூரிய ஆற்றல் போன்ற ஏதேனும் ஓர் ஆற்றல் உரு வாக்கும் பொறி, கட்டமைக்கப்படும். உட்செலுத் தப்படும் வேதி உந்து எரிபொருள்களே பெரும் பாலான ஏவூர்திகளின் ஆற்றல் மூலமாகும். இந்த எரிபொருள்களை எரித்து வேதி ஆற்றலை, வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றவும் அவ்வினையின் போது வெளிப் படும் அழுத்தமிக்க வளிமங்களைக்கூம்புக் குழல் வழியாக வெளியேற்றுவதால் ஏவூர்திக்குப் போதிய விரைவாற்றல் ஊட்டுவதுமே ஏவூர்திப் பொறியின் பணியாகும்.

ஏவூர்திப் பொறியின் பகுதிகள்

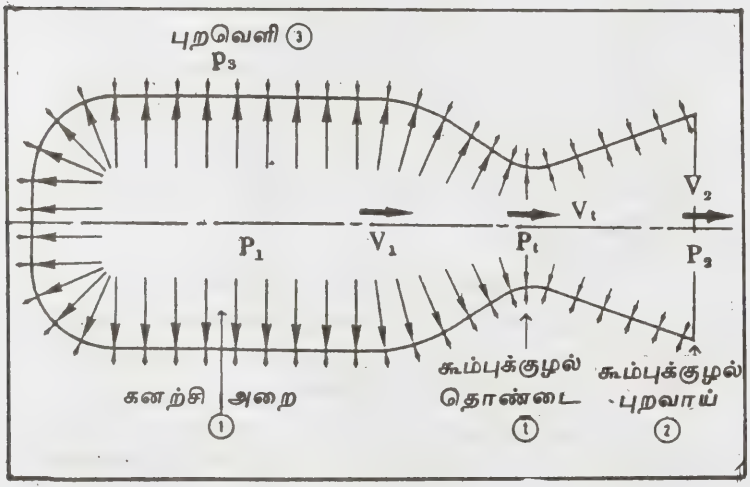
ஏவூர்திப்பொறியைத்,தள்ளுவிசைக்கலன் என்றும் குறிப்பிடுவர். இதில் கனற்சி அறை, கூம்புக் குழல் ஆகிய பகுதிகள் முக்கியமானவை.

கனற்சி அறை. பரவலாகப் பயன்படும் மரபுக் கனற்சி அறை புறப்பகுதியில் குவிந்து விரிந்த கூம்புக் குழல் பொருத்தப்பட்டதாக இருக்கும். இதன் குறுகலான நடுப்பகுதியைக் கூம்புக்குழல் தொண்டை (nozzle throat) என்பர். கனற்சி அறைக் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு முடிவிலியாக இருப்பின், சீரிய கனற்சி அறை என்றும், கூம்புத் தொண்டைப் பரப்பளவே உடையதாயின் நேரிய கனற்சிஅறை என்றும் குறிப்பிடப்படும்.



படம் 1. கனற்சி அறையின் வெவ்வேறு அமைப்புகள்.

திண்ம, நீர்ம அல்லது கலப்பின உந்து எரிபொருள்கள் எரிக்கப்படும் ஏவூர்திப்பொறியினுள் ஏறத்தாழ 3000° C வெப்பநிலையும் காற்றழுத்தத்தைப் போல் 15 மடங்கு உயர்வான உள் அழுத்தமும் உருவாகும். கனற்சி விளைபொருள்களான இந்த வெப்ப வளிமங்கள் கூம்புக்குழலின் தொண்டை வழியாகப் புறவெளியைச் சென்றடையும் வரை, அவற்றின் வேகம் மட்டும் உயர்ந்து கொண்டே



படம் 2. தள்ளு விசைக் கலனின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் எழும் வளிம அழுத்தங்கள், வேகங்கள்.

P_1 = அக அழுத்தம் P_2 = புறவாய் அழுத்தம் P_3 = புற அழுத்தம்
P_t = தொண்டை அழுத்தம் V_1 = அக வேகம் V_2 = புறவாய் வேகம் (அல்லது வெளியேற்ற வேகம்)

இருக்கும். அவற்றின் வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் சீராகக் குறைந்து கொண்டே வந்தாலும் அவ்வளிமங்கள் ஒரு நொடிக்குள் சீறிப்பாயும் நிறையளவாகிய நிறை பாயும் விகிதம் (mass flow rate) கனற்சி அறைக்குள்ளிலிருந்து புறவாய் வரை ஒரே அளவாகவே இருக்கும்.

இந்த எரிபொருளின் நிறை பாய் விரைவைச், சீரான அதன் புறவாய் வேகத்தால் பெருக்கி வரும் மதிப்பு, உந்துத் தள்ளுவிசை (momentum thrust) ஆகும். புறவாய் அழுத்தத்திற்கும் புற அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டைப், புறவாய்ப் பரப்பால் பெருக்கிவரும் தொகையே அழுத்தத் தள்ளுவிசை (Pressure thrust) எனப்படும். இவ்விரு தள்ளுவிசைகளும் சேர்ந்தே ஏவூர்திக்கு முழுத்தள்ளுவிசையை அளிக்கின்றன.

இதைப் பின்வரும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம். தள்ளுவிசை = உந்துவிசை + அழுத்தத் தள்ளுவிசை

$$F = mv_2 + (p_2 - p_3)\,A_2$$

F = தள்ளுவிசை;
m எரிபொருள் நிறை

$$\text{பாய் விரைவு} = \frac{\text{எரிபொருள்நிறை}}{\text{எரி காலம்}}$$

p_2 = புறவாய் அழுத்தம்;
p_3 = புற அழுத்தம்;
A_2 = புறவாய்ப் பரப்பு

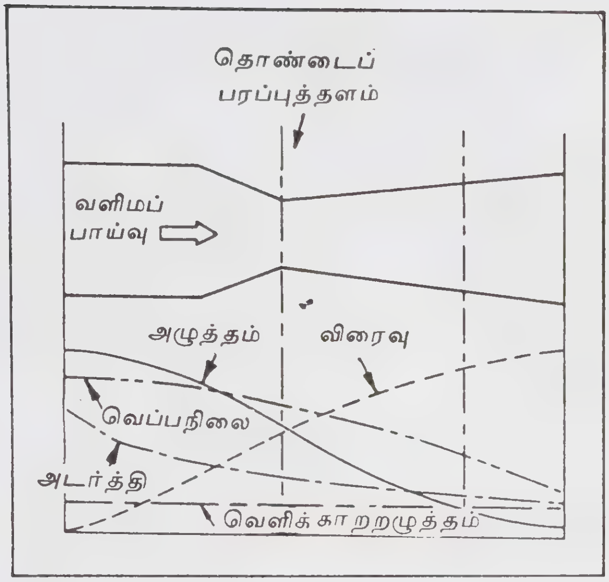
இத்தள்ளுவிசை, கனற்சி வெப்பநிலையின் வர்க்க மூலத்திற்கேற்ப நேர்விகிதத்திலும், வெப்பவளிமங்களின் சராசரி மூலக்கூறு எடையின் வர்க்கமூலத்திற்கேற்பத் தலைகீழ் விகிதத்திலும் மாறுபடும்.

$$F \propto \sqrt{\frac{Tc}{M}}$$

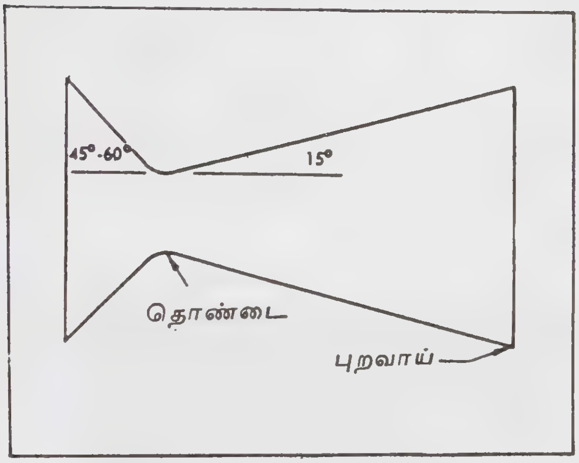
Tc = கனற்சி அறை வெப்பநிலை (கெல்வினில்);
M = சராசரி மூலக்கூறு எடை

கூம்புக் குழல். கனற்சி அறையிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் வளிமங்களின் அழுத்தம், அடர்த்தி, வெப்பநிலை ஆகியன குறைந்து வரும்போது, வேகம் மட்டும் உயர்ந்து கொண்டே வருவதே கூம்புக் குழாய் வினை (nozzling) எனப்படுகிறது.

இதில் புறவாய் அழுத்தம் (p_2) புற அழுத்தத்தினும் (p_3) கூடுதலாக இருப்பின் வளிமங்கள் மிகையாக விரிவடையும். அவ்வாறே புறவாய் அழுத்தம், புற அழுத்தத்தினும் குறைவாக இருப்பின் அவை குறைவாக விரிவடையும். ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருப்பின், அந்நிலையில் அழுத்தத் தள்ளுவிசைப் பகுதியே இருக்காது. இதுவே உகந்த (optimum expansion) விரிவடைதல் எனப்படும்.



படம் 3. **கூம்புக்குழலில் நிகழும் இயல்பு மாற்றங்கள்**



படம் 4. **15° அரைக்கோணக் கூம்புக்குழல்**

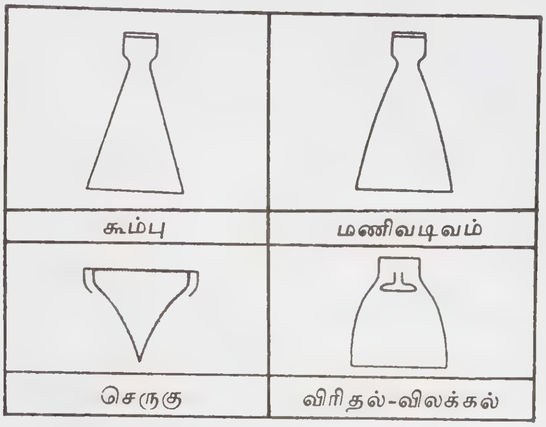
$$F = mv_2 \text{ அல்லது}$$

$$F/m = v_2$$

$$\frac{\text{தள்ளுவிசை}}{\text{நிறைபாய்வேகம்}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{வளிமங்களின்} \\ \text{வெளியேற்ற வேகம்} \end{array} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \text{தொகு} \\ \text{வெளியேற்றவேகம்} \end{array} \right\}$$

இவ்வாறு, தள்ளுவிசையின் நிறைபாய்விகிதத்தி னால் வகுத்துப் பெறுவதே எரிபொருளின் ஒப்பு உந்து விசைஎண் (specific impulse, Isp) ஆகும். இவ்வெண் ஏவூர்தி இயக்கத்திற்குரிய தொகு வெளியேற்ற விரைவு (effective exhaust velocity) ஆகும். ஆயினும், இவ்வெண்ணைப் புவிஈர்ப்புவிசை முடுக்க எண்ணால் வகுத்து வெறும் நொடி அளவுகளிலேயே ஏவூர்தி அறிவியலார் குறிப்பிடுவர்.



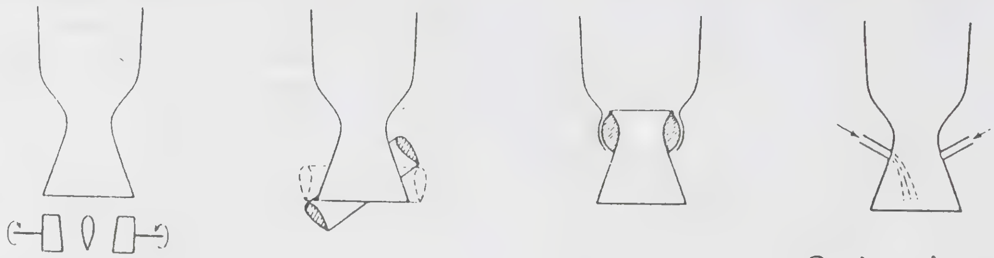
படம் 5. **கூம்புக்குழல் வடிவமைப்புகள்**
கூம்புக்குழல் வடிவமைப்புகள்

டி-லேவல் கூம்புக்குழல். பெரும்பாலான ஏவூர்திப் பொறிகளில் பயன்படும் கூம்புக்குழல் குவிந்தும், புகைப்போக்கிப் புனல்போல விரிந்தும் காணப்படும். இவ்வடிவமைப்பை முதன்முதலில் அமைத்த ஸ்வீடன் நாட்டுப் பொறியியலாளரின் பெயரால் டி லேவல் கூம்புக்குழல் என்று சுட்டப்படுகிறது. பெரும்பாலும் கூம்பின் அரைக்கோணம் ஏறத்தாழ 12° - 18° அளவாகும்.

மணி வடிவக் கூம்புக் குழல். புறவாய்ப் பரப்பிற் கும் தொண்டைப் பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள விகிதமே புறக் கூம்புக்குழல் விரிபரப்பு விகிதம் (nozzle expansion ratio) எனப்படும்.

ஒரு குறித்த விரிபரப்பு விகிதம் கொண்ட கூம்புக் குழலால் மட்டுமே ஏவூர்தியின் பயன் மிகுதியாக இருக்கும். இவ்விகிதமே ஏவூர்தியின் மிகு பயன் விரிபரப்பு விகிதம் ஆகும். இதே விகிதம் கொண்ட சாதாரண கூம்புக் குழலின் நீளத்தை மட்டும் குறைத்து, ஆலய மணிபோல தொண்டைப் பகுதி யிலிருந்து 60° விரிந்து, புறவாய் விளிம்பில் மீண்டும் ஒடுங்கி 2° - 8° க்குள் சமனப்பட்டுவிடும் வடிவமைப் பாலும் மிகு பயன் பெறலாம். இந்த மணிவடிவக் கூம்புக் குழாயின் நீளம் குறைக்கப்படுவதால் அதன் எடையும் குறையும். ஏவூர்தியின் மிகுந்துள்ள நிலைம எடைக் குறைப்பு ஏவூர்திப் பொறியின் திறனையும் மிகையாக்குகிறது.

செருகுக்கூம்புக் குழல். மணிவடிவக் கூம்புக் குழல் நடுவே, முறுக்காணி போன்ற செருகு அமைப்பு பொருத்தப்படுவதால், ஏவூர்திப் பொறி உருவாக்கும் தள்ளுவிசைத்திசையைக் கட்டுப்படுத்த இயலும்.



படம் 6. சில திண்ம உந்து எரிபொருட் பொறிகளில் பயன் படுத்தப்படும் தள்ளு விசைத் திசைக்கட்டுப் பாட்டுக் கருவிகள்

தள்ளுவிசைத் திசைக் கட்டுப்பாடு. கூம்புக் குழலின் வெப்ப வளிமங்களின் போக்கில் அசையும் நடு செருகு அல்லது கூம்புக் குழல் விளிம்பில் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்ட உருண்டைவடிவத் தகட்டுச் சுருள்கள் (jetavators), தாரைத் தகடுகள் (jet vanes) போன்றவற்றால் தள்ளுவிசையின் திசையில் திருத்தங்கள், மாற்றங்கள் போன்றவற்றை எளிதில் உண்டாக்கலாம்.

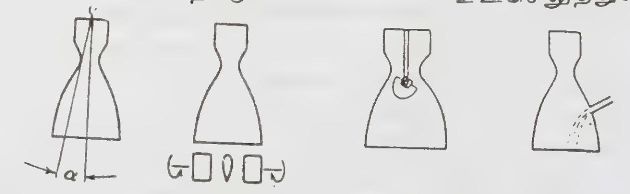
மேலும், கூம்புக்குழலின் சுவர் ஊடாக, எளிதில் ஆவியாகி அழுத்தம் ஊட்டவல்ல இரண்டாம் பாய்மத்தினை (secondary fluid) ஆங்காங்கே உட்செலுத்தியும் தள்ளுவிசைத் திசையைத் திருத்த இயலும். கூம்புக்குழலைக் கனற்சி அறையின் பின் வாயிலில் சுழன்று அசையுமாறு மென்மையானதும், வெப்ப வளிமங்களால் தாக்கப்படும் போது வலிமை குறையாததுமான ரப்பர் வளையங்களுடன் இணைத்துப் பொருத்துதல் வேண்டும். இதைத் தொங்காட்டக் கூம்புக் குழல் (gimballed nozzle) என்பர்.

ஒருசில ஏவூர்திகளில் ஏவூர்திப் பொறியே தள்ளு விசைத் திசைக்கேற்ப தொங்காட்டம் புரியுமாறு வடிவமைக்கப்படும். இதைத் தொங்காட்டப்பொறி என்றும் குறிப்பிடுவர். இவையன்றி ஏவூர்திப் பொறியினைச் சுற்றிலும் சிறு தள்ளுவிசைப் பொறிகள் (thrusters) அல்லது நுண் ஏவூர்திகளே (micro rockets) இணைக்கப்படுவதும் ஏவூர்தித் தள்ளுவிசையின் திசை மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்த உதவும்.

மாறுவிசை ஏவூர்திப் பொறிகள். ஏவூர்திப் பொறி ஊட்டும் தள்ளுவிசையின் அளவைத் தேவைக்கேற்ப கூட்டவோ, குறைக்கவோ வல்ல அமைப்புகளும் உண்டு. திண்ம உந்து ஏவூர்திப் பொறிகளைக் காட்டிலும் நீர்ம உந்து ஏவூர்திப்பொறிகளில் தான் தள்ளு விசை அளவை எளிதில் மாற்றலாம்.

நீர்ம உந்து பொறிகளில் எரிபொருள் உட்செலுத்திகளின் இயக்கத்தினை ஒவ்வொன்றாக நிறுத்துவதன் மூலம் படிப்படியாகத் தள்ளுவிசையினைக் குறைக்கலாம். ஜெர்மன் நாட்டு 'Me - 163, ஏவூர்திப் பொறி இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். அன்றி பொறி நெருக்குதல் (engine throttling) முறைப்படி உட்செலுத்திகளின் பரப்பளவை வேறுபடுத்தியோ, முன்னர் குறிப்பிட்டது போல கூம்பின் தொண்டைப்பரப்பை வேறுபடுத்தியோ, அதனுள் ஓர் அசையும் செருகைச் செருகியோ தள்ளுவிசையைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

ஏவூர்தி திட்டமிட்டபடி பயணம் செய்யவில்லையெனில் அதன் இயக்கத்தை முழுதுமாக நிறுத்த, ஏவூர்திப் பொறியின் வெளிப்புறத்தில் நீளவாட்டில் வைக்கப்பட்ட வெடி நாளங்களைத் (explosive cords)



படம் 7. சில நீர்ம உந்து எரிபொருள் பொறிகளில் பயன் படுத்தப்படும் தள்ளுவிசைத் திசைக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள்.

தூண்டி வெடிக்கச் செய்வதுண்டு. ஏவூர்திப்பொறியைத் துண்டாகப் பிளந்து அக அழுத்தமூட்டும் வெப்ப வளிமங்களை வெளியேற்றிவிடும் இம்முறை மிக அரிதாக பயன்படுத்தப்படும்.

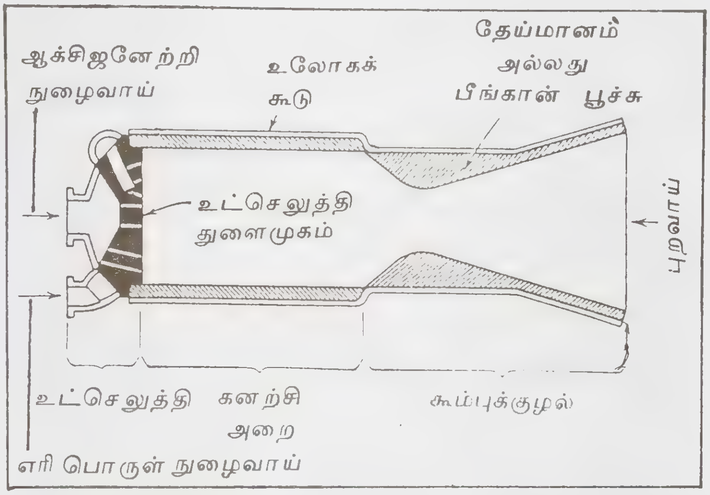
வெப்பப் பரிமாற்றம். ஏவூர்திப் பொறியின் கனற்சி வினை, தள்ளுவிசைஅறைச்சுவர்கள், கூம்புக் குழல்கள் எரிபொருள் உட்செலுத்திகள் போன்ற உறுப்புகளைச் சூடாக்குவதால் அக வெப்பநிலை குறையக் கூடும். இவ்வாறாயின் பொறி திறன் குறையும். வெப்ப இழப்பூட்டும் இத்தகைய வெப்பப்பரி மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்த இரண்டு முக்கிய வழிமுறைகள் உள்ளன.

நீர்ம உந்து எரிபொருளால் குளிர்வித்தல்

மீளுருவாக்கக் குளிர்விப்பு. இம்முறையில் நீர்ம எரிபொருளை ஏவூர்திப் பொறியின் புறச்சுவரில் சுற்றியுள்ள குளிர்விப்புச் சுருள் வழி செலுத்துவர். வெளிச்சுவர் வெப்பத்தால் சுருள்குழாயினுள் சூடான எரிபொருள், மீண்டும் கனற்சி அறைக்குள்ளேயே செலுத்தப்படும். இதனால் பொறியூட்டும் வளிமங்களின் வேகமும் ஓரளவு (2%) உயரும். இம்முறையை மீளுருவாக்கக் குளிர்விப்பு என்பர். அமெரிக்க வைக்கிங் ஏவூர்திப் பொறியில் இம்முறையே கையாளப்படுகிறது.

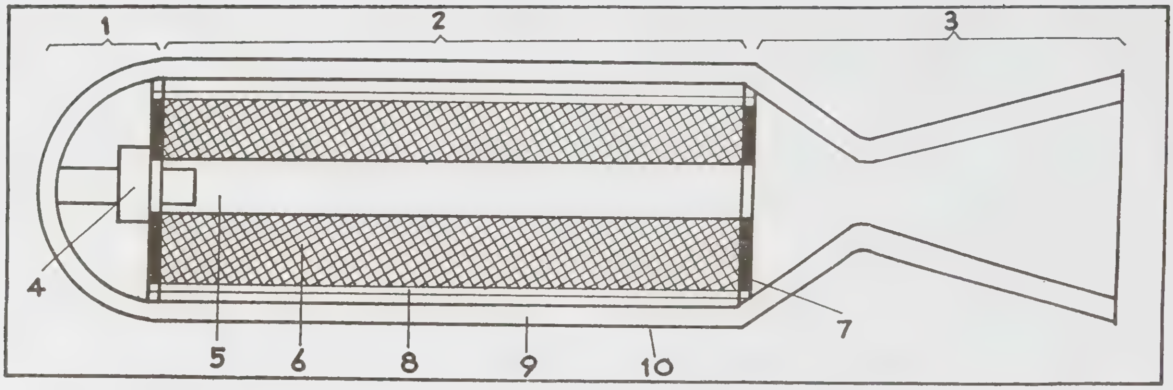
மென்படலக் குளிர்விப்பு. நீர்ம எரிபொருளைக் கனற்சி அறை உட்சுவரில் மென்படலமாக ஓழுக விட்டும் வெப்பப் பரிமாற்றத்தைக் குறைக்கலாம். இதை மென்படலக் குளிர்விப்பு (film cooling) என்பர்.

வியர்ப்புக் குளிர்விப்பு. கனற்சி அறைச் சுவரை நுண்துளை கொண்டதாக வடிவமைத்து அச்சுவரின் ஊடாக வெளிப்புறத்திலிருந்து நீர்ம எரிபொருளை அறை உட்பகுதியில் வியர்வைத்துளிகளாகக் கசிய விடுவதன் மூலமும் உள்வெப்பம் வெளியேறாமல் தடுக்கலாம். உட்சுவரில் துளிர்க்கும் எரிபொருள், வெப்பத்தைத் தானே உறிஞ்சி ஆவியாகிவிடும். இம்முறை வியர்ப்புக் குளிர்விப்பு (sweat cooling) எனப்படும்.



படம் 8. குளிர்விக்கப்படாத நீர்ம உந்து தள்ளுவிசைக்கலன்

படம் 9. நிலை ஆய்வுக்குத் தயாராகவுள்ள ஏவூர்திப்பொறி



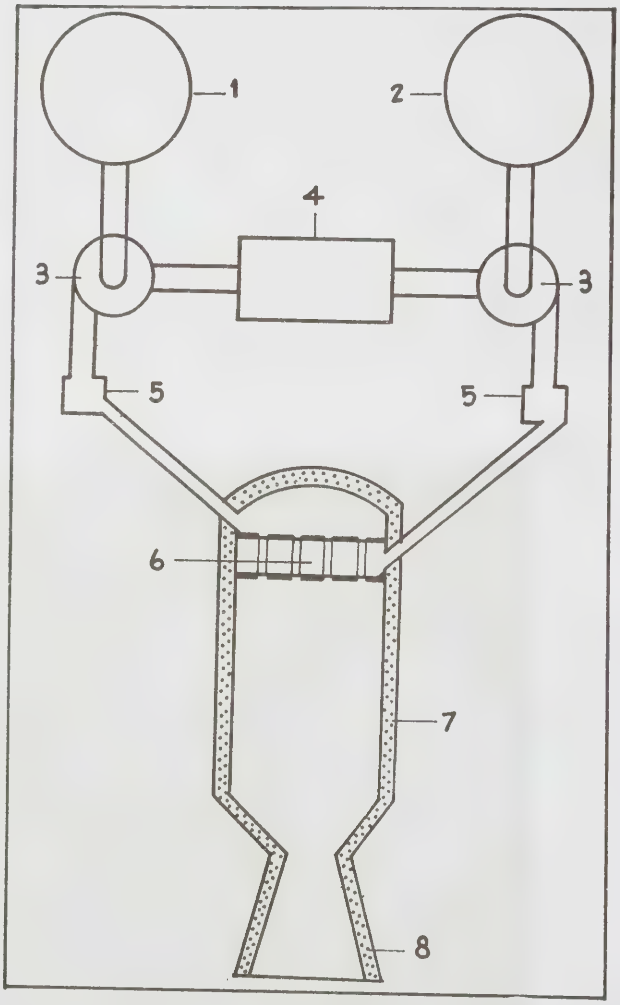
படம் 10. திண்ம உந்து ஏவூர்திப்பொறி

1. தலைப் பகுதி 2. கனற்சி அறை 3. கூம்புக்குழல் 4. பற்றவைப்பி 5. நடுக்குழல் 6. திண்ம உந்துஎரிபொருள் தண்டு 7. எரி தடைவான் 8. உட்பூச்சு 9. வெப்பத் தடுப்பு உறை 10. பொறிகலன்.

குளிர்விக்கப்படாக் கலன். சில குளிர்விக்கப் படாக் கலன்களும் உள்ளன. அவற்றில் கனற்சி அறைச் சுவரைக் குளிர்விக்க நீர்ம எரிபொருள் போன்ற குளிர்விப்பான் பயன்படுவதில்லை. மாறாக, தள்ளுவிசைக் கலன் கட்டுமானத்தில், சிர்க்கோனியம் ஆக்சைடு, அலுமினியம் ஆக்சைடு போன்ற பொருள்கள் உட்பூச்சாகப் பயன்படும். இவ்வெப்பந் தாங்கிப் பொருள்கள் கனற்சி வெப்பத்தை ஏற்றுப் பழுக்கச் சூடேறி கதிர்வீச்சு முறையில் கனற்சி அறைக்குள்ளேயே வெப்பத்தைப் பிரதிபலிக்க வல்லவை. ஞெகிழி. (plastic) ரப்பர்போன்ற கரிமப் பொருள்களே ஏவூர்திப் பொறியின் உட்பூச்சாகவும் இடம் பெறலாம். இவை கனற்சி வெப்பத்தினைத் தாமே ஏற்பதால்கனற்சி அறைச்சுவர் சூடாகாதபடி பாதுகாக்கப்படுகிறது. இத்தகைய பூச்சுப் பொருள் களைத் தேய்மானப் பொருள்கள் (ablative material's) என்பர்.

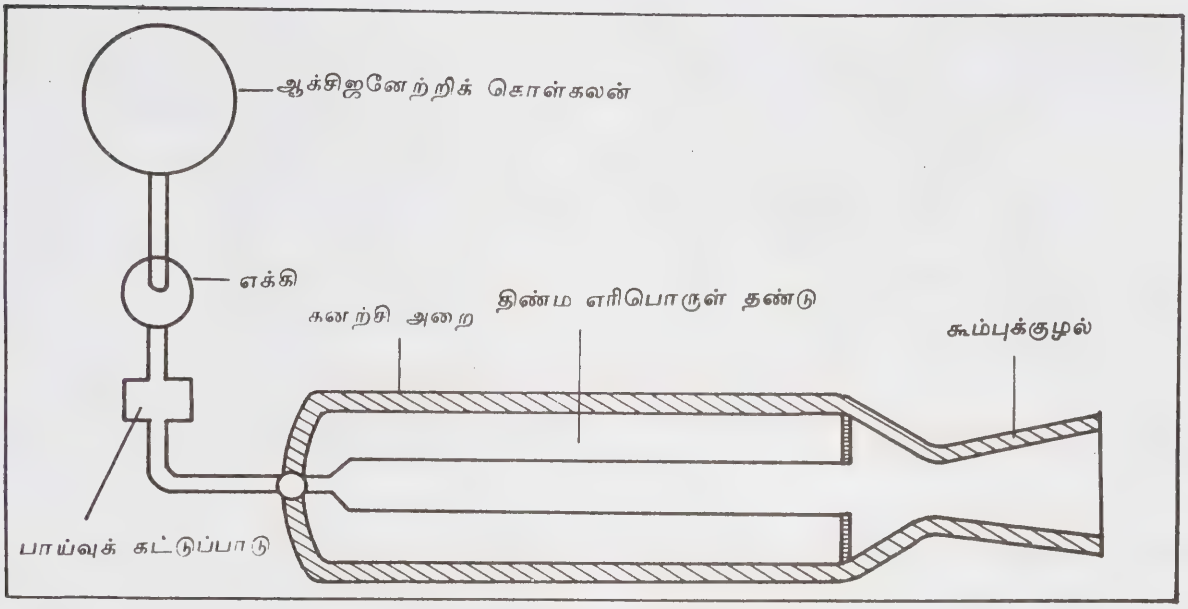
சில ஏவூர்திப்பொறி கலன்கள் கெவ்லார் எனும் கரிம இழை அல்லது கண்ணாடி இழை வலுவூட்டும் ஞெகிழிப் பொருள்களால் வடிவமைக்கப்படுவதும் உண்டு. இவற்றின் கூம்புக் குழல்களும், பொதுவாக கரி அல்லது சிலிகா இழையுடன் ஃபீனாலிக் ரெசினைச் சேர்த்து உருவாக்கும் பொருளால் வடிவமைக்கப்படுவதும் உண்டு.

நிலை ஆய்வு. ஏவூர்திப் பொறியின் கனற்சி வெப்ப நிலை, அழுத்தம், எரி விரைவு, அதிர்வு போன்ற பல இயல்புகளையும் அறிய அதை இயக்கமற்ற நிலையில் வலிய சங்கிலித் தளைகளால் இறுகப் பிணைத்துக் கட்டியவாறே, எரிபொருளை எரித்து ஆய்வு செய்வர். இது நிலை ஆய்வு (static test) எனப்படும். இது ஒவ்வோர் ஏவூர்திப் பொறியின் பயன் திறனையும் அறிவதற்குரிய மிக முக்கிமான தேர்வு ஆகும்.

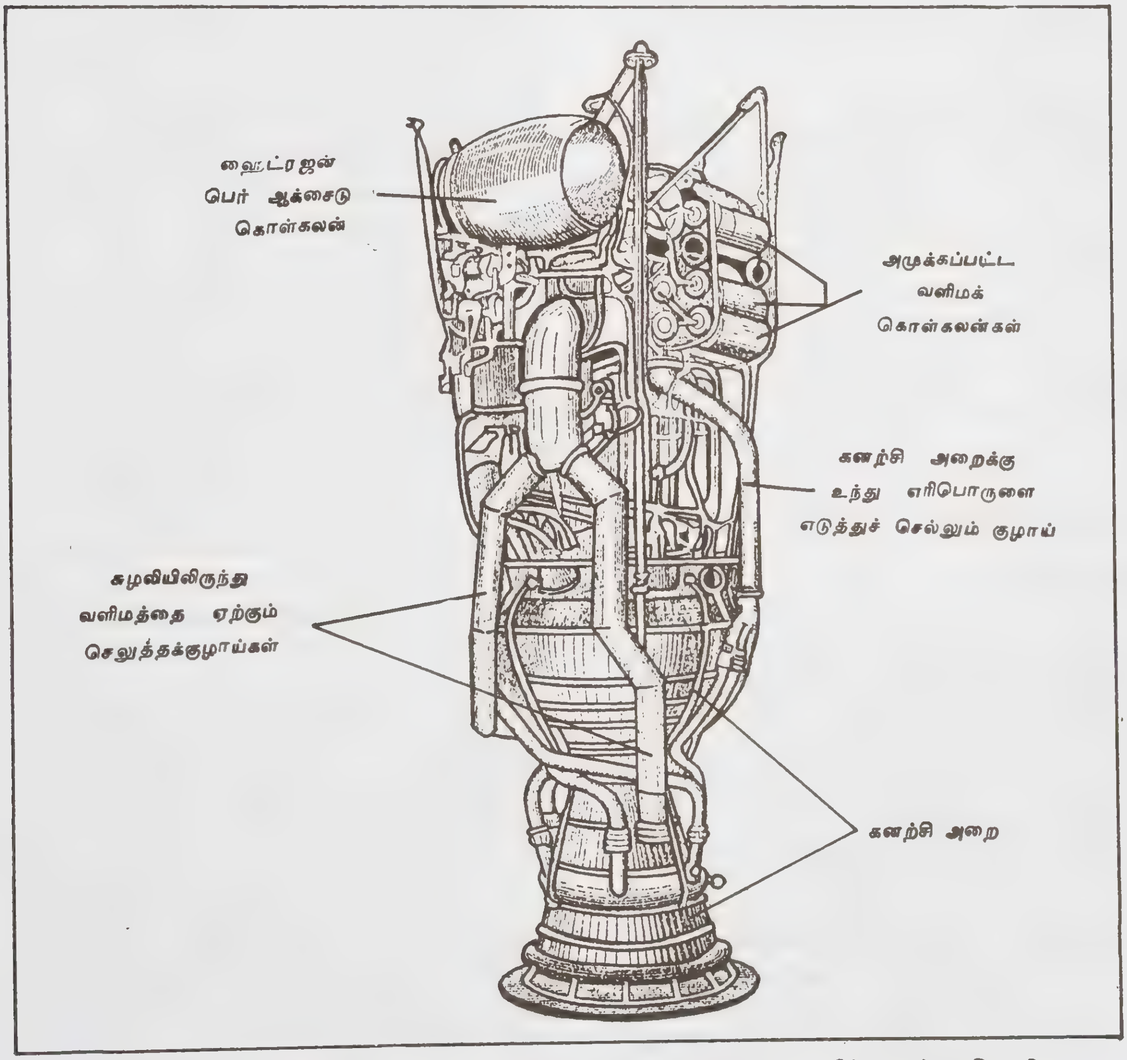


படம் 11 நீர்ம உந்து ஏவூர்திப் பொறி

1. எரிபொருள் கொள்கலன் 2. ஆக்சிஜனேற்றி கொள்கலன் 3. ஏற்றி 4. சுழலி 5. பாய்வுக் கட்டுப்பாடு 6. உட்செலுத்தி 7. கனற்சி அறை 8. கூம்புக் குழல்



படம் 12. கலப்பின ஏவூர்திப்பொறி



படம் 13. ஜெர்மன் 'V-2' ஏவுகணையில் பயன் படுத்தப்பட்ட நீர்ம உந்து பொறி

பொறிவகை	செயல்படு பாய்மம்	செயல்படு கால அளவு	ஒப்பு உந்து விசை எண் (நொடியில்)	தள்ளுவிசைக்கும் எடைக்குமுள்ள விகிதம்
வேதிவகை	நீர்ம ஹைட்ரஜனும் நீர்ம ஆக்சிஜனும்	பலநொடி முதல் சில மணி நேரம்	200-480	100
அணுக்கருப்பிளவு	ஹைட்ரஜன்	,,	500-1100	30
மின்வில்-சூடாக்கம்	ஹைட்ரஜன்	நாள்	1000-2000	0.01
காந்தப் பேரழல்	,,	வாரம்	4000-1500	0.001
அயனி	சீசியம்	மாதம்	5000-25000	0.001

ஏவூர்திப் பொறிவகைகள். ஏவூர்திப் பொறியை ஆற்றல் மூலத்திற்கேற்ப ஐம்பெரும் வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை வேதி ஏவூர்திப் பொறி, அணுக் கரு ஏவூர்திப்பொறி, மின் ஏவூர்திப்பொறி, லேசர் ஏவூர்திப்பொறி, சூரிய வெப்ப ஏவூர்திப்பொறி என் பனவாகும்.

பல்வேறு ஏவூர்திப்பொறிகளின் செயல்பாட்டு அளவைகள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அயனிப்பொறி நீண்டகாலம் செயல்படக்கூடிய தும், மிக உயர்ந்த ஒப்பு உந்து விசை எண் கொண்டது மாயினும், வேதிப் பொறியோடு ஒப்பு நோக்கும் போது (ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள பொறியினால் ஊட்டப்படும் தள்ளுவிசை அளவாகிய) தள்ளுவிசை/ எடை விகிதம் அயனிப்பொறியில் பதினாயிரம் மடங்கு குறைவாகும். எனவே பெரும்பாலான ஏவூர்திகளில் வேதிப்பொறி அமைப்பே பயன்படுகின்றது.

- சு. முத்து

ஏவூர்தி, வானியல்

விண்பொருள்களால் உமிழப்படும் மின்காந்த அலை களைக் கொண்டே பேரண்டத்தில் எங்கும் சிதறிய வாறு காணப்படும் சூரியன் போன்ற விண்மீன்கள், அவற்றை வலம் வந்த வண்ணமிருக்கும் கோள்கள் ஆகியவற்றைப் பற்றி அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது. இம்முயற்சிகளின் வளர்ச்சியே வானியல் எனப்படு கிறது. வானியல் ஆய்வுகளுக்கு வெறும் கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் ஒளி அலை மட்டுமின்றி அகச்சிவப்பு, புற ஊதா, எக்ஸ் கதிர் காமா கதிர் போன்ற கதிர் களும் பயன்படுகின்றன. பேரண்ட வெளியிலிருந்து வரும் இம்மின்காந்த அலைகள் புவியைச் சுற்றி ஏறக் குறைய 300 கி. மீ வரை பரவியுள்ள வளி மண்டலத் தின் பல அடுக்குகளை ஊடுருவிச் செல்லும்போது, பெருமளவு உட்கவரப்பட்டு விடுகின்றன. புவியை எட்டும்போது அவற்றின் செறிவு மிகவும் குறைவாக இருப்பதால், ஆய்வுகளிலிருந்து முழுமையான தெளிவு பெறுவது இயலாததாக உள்ளது. இதற்காக வளிமண்டலத்திற்கு அப்பால் இருந்து வானியல் தொடர்பான ஆய்வுகளை மேற்கொள்ள வேண்டியது மிகவும்தேவையாகின்றது. பலூன்களும், ஏவூர்திகளும் இதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவற்றைப் பயன்படுத்தி வானியலில் ஆய்வு செய்யும் பகுதியை விளக்குவது ஏவூர்தி வானியல் (rocket astronomy) ஆகும். ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற வளிமங் களை உயர் கொள்ளவுடைய பலூன்களில் அடைத்து, ஏற்ற ஆய்வுக்கருவிகளைப் பொருத்தி வளி மண்டலத்தில் விட்டுவிடுகின்றார்கள். இவை வானத் தில் பறப்பதால், வளிமண்டலத்தின் உட்கவர்வு ஓரளவு தவிர்க்கப் படுகின்றது. அண்டக் கதிர்கள் (cosmic rays) பற்றிய ஆய்வுகளில் இப்பலூன்கள் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பலூன்கள் பொது வாக 30 கிலோமீட்டர் வரையே மேலெழுந்து சென்று பயன் தரக் கூடியன. இதைவிடக் கூடுதலான உயரங்களில் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டிய ஆய்வு களுக்கு ஏவூர்திகளும், செயற்கைக் கோள்களும் பயன்படுகின்றன. ஏவூர்திகளில் நீர்ம அல்லது திண்ம எரிபொருள்கள் எரிக்கப்பட்டு, வெளிப்படும் வெப்ப மிக்க வளிமம் சிறுதுளை வழியே வெளியேற்றப்படு கின்றது. அப்போது ஏவூர்தி, ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராக உந்தப்பட்டு மேலெழுந்து செல்கின்றது. வானியல் ஆய்வுகளுக்குப் பயன்படும் வூர்திகள், மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளாகவும் (sounding rocket), செயற்கைக் கோள்களை விண்வெளியில் செலுத்தப் பயன்படுகின்ற ஏவூர்திகளாகவும் உள்ளன. மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகள் 250 கி.மீ. உயரம் வரை செல்லக் கூடியவை. செயற் கைக் கோள்களை விண்வெளியில் செலுத்தப் பயன் படுகின்ற ஏவூர்திகள் பல அடுக்குக் கொண்டவையாக இருக்கும். புவியின் ஈர்ப்பு எல்லையை விட்டு அப்பால் செல்லவும் இவற்றால் முடியும்.

1946-ஆம் ஆண்டில் V-2 என்ற ஜெர்மன் ராக்கெட்டுகளைக் கண்டுபிடித்த பின்பு, அவற்றை வானியல் ஆய்வுகளுக்குப் பயன்படுத்தத் தொடங்கினார்கள். அன்றுமுதல் ஏவூர்தி வானியல் வளர்ச்சி பெற்று வருகின்றது. தற்காலத்தில் இத்துறையில் அமெரிக்கா, ரஷ்யா, இங்கிலாந்து, பிரான்சு, சீனா இந்தியா போன்ற நாடுகள் ஈடுபட்டு முன்னேற்றம் அடைந்து வருகின்றன. வானியல் ஆய்வுகளுக்குப் பயன்படுத்தப் படும் மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளை அமெரிக்காவில் வான் தேனீ என்று பொருள்படும் ஏரோபீ 170 எனப் பெயரிட்டு அழைக்கின்றார்கள். நீர்ம எரிபொருளால் உந்தப்பட்டும், திண்ம எரிபொருளால் துணை செய்யப்பட்டும் செலுத்தப்படும் இவை 100 கி.கி சிறப்புச் சுமை (pay load) உடையவை. 250 கி. மீ. உயரம் செல்ல வல்லவை. மேலும் இவ்வூர்திகளை நைக் காஜன், நைக் அப்பாசி என்று அமெரிக்காவிலும், பிளாக் பிராண்ட் என்று கனடாவிலும், ஸ்கைலார்க் என்று இங்கிலாந்திலும், விரோனிக் என்று பிரான்சிலும், ரோகிணி என்று இந்தியாவிலும் பெயரிட்டுள்ளனர்.

மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளை வானியல் ஆய்வுகளுக்குப் பயன்படுத்துவதில் இரு முக்கிய சிக்கல்கள் உள்ளன. மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளை உயரச்செலுத்திய பின்பு, ஆய்கருவிகளடங்கிய அதன் சிறப்புச் சுமையைப் பாதுகாப்பாக மீண்டும் பெற வழி வேண்டும். அப்போதுதான் அதில் பதிவாகியுள்ள அளவீடுகளைப் பெற்று ஆராய முடியும். இச்சிக்கலின் தீர்வாகப் பாராசூட்டுகள் பயன்படுகின்றன. சிறப்புச்சுமை குறைந்த எடையுடையதாக இருந்தால்தான் மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்தியின் மொத்த எடையும் குறைவாக இருக்கும்: அவற்றை மேலேடுத்துச் செல்லத் தேவையான எரிபொருளும் குறைவாக இருக்கும். எடுத்துச் செல்லப்பட வேண்டிய ஆய்வுக் கருவிகளின் நுண்ணிய அளவு நுட்பங்களைப் பொறுத்து மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகள் சிறப்பாகச் செயல்படும். மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளில் எடுத்துச் செல்லப்படும் ஆய்வுக் கருவிகள் ஒரு திசைப்படுத்தக் கூடியனவாக இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் அவற்றின் செயல்திறன் நுட்பமாய் அமையும்.

கருவிகளை ஒருமுனைப்படுத்த இயலாவிட்டால் அவற்றைக் கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட விண்பொருளைத்தனித்து ஆராய முடியாது. தொடக்ககாலத்தில் ஒரு முனைப்படுத்தப்படாத கருவிகளைக் கொண்டே விண்பொருள்களை ஆராய்ந்து வந்தார்கள் 1952ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகு இரு வழி முனையாக்கக் கட்டுப்பாடு (biaxial pointing control) என்ற அமைப்பைப் பயன்படுத்திச் சூரிய மண்டலம் தொடர்பான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார்கள். ஏற்றக் கோணக்கட்டுப்பாட்டுஅமைப்பைக் (altitude control system) கொண்டு விண்மீன் தொடர்பான ஆய்வுகள் செய்யப்படுகின்றன. சூரியக்கண்ணோக்கி (solar eye) அல்லது விண்மீன் உணர்வான் (star sensor) எனப்படும் கருவிகளைப் பயன்படுத்தி, ஆய்வுக்கருவிகளை மிக நுட்பமாக ஒரு முனைப்படுத்துகின்றனர்.

சூரிய ஆய்வுகள். புவியிலிருந்து கொண்டு சூரியக் கதிர்வீச்சுக்களை ஆய்ந்தபோது, அவற்றின் நிறமாலையில் 2900 A வரை காணப்பட்டது. 1946ஆம் ஆண்டில் ஏவூர்திகளைச் செலுத்தி ஆய்வுகளை மேற்கொண்டபோது அவற்றின் எல்லை 2100 A வரை நீண்டது. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி (diffraction grating) களைப் பயன்படுத்தி 10 A வரை பெற்றிருக்கின்றனர். சூரிய நிறமாலையில் எக்ஸ் கதிர் வரிகள் 1948 ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் காணிகளால் (detectors)அறியப்பட்டன. பிராக் படிக நிறமாலைமானியால் 0.5Aவரை கூட அளவிட்டறிய முடிகின்றது. மின்னணுவியல் வளர்ச்சியால் இதைவிடக் குறைந்த அலை நீளமுள்ள அலைகளையும் அளவிட்டறிய இன்று முடிகிறது.

நிறமாலையின் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனை வரை இவ்வாறு நுட்பமாக அளவிட முடிவதால் அவை பல புதிய உண்மைகளை வெளிப்படுத்தியிருக்கின்றன. ஃபிரான்உேறாஃபர் கோடுகள் (உட்கவர் கோடுகள்) கூடிய அலைத் தொடர் (continuum) கட் புலனுக்கு உள்ளாகும் பகுதியில் சிறப்பாகக் காணப்படுகின்றது. ஃபிரான்ஹோஃபர் கோடுகளுடன் கூடிய அலைத் தொடர் பொதுவாக 2085 A வரை காணப்படுகின்றது. இதற்கு அப்பால் அலைத் தொடரில் சில உட்கவர் கோடுகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. உமிழ்வரிகள் அதிகமாக உமிழப்பட்டு, உட்கவர்வரிகள் மீது கவிர்ந்திருக்கின்றன என்பதால் இப்பகுதி வேறுபட்டதாகத் தோன்றுகின்றது என்று கருதுகின்றார்கள். 1530 A அலை நீளத்திற்கும் குறைவான உட்கவர் கோடுகளில் ஒன்று கூடக் காணப்படவில்லை. இந்த நிறமாலை நிலைமாற்றப் பகுதிக்குரிய கதிர்வீச்சுகள், 4400 K வரை வெப்பநிலை கொண்டுள்ள, சூரிய வளிமண்டலத்தின் குளிர்ச்சியான பகுதிகளிலிருந்து தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்று முடிவு செய்திருக்கின்றார்கள். நிற மண்டலம் (chromosphere), உயர் வெப்பநிலை உடைய பகுதிகளிலிருந்து வரும் உமிழ் கோடுகள், அலைத் தொடர்கள், மற்றும் 1,000,000K வெப்பநிலை உடைய சூரியனின் ஒளிப்பு உறை (corona) பகுதியிலிருந்து வரும் உமிழ் கோடுகளும் இதில் அடங்கும். 700-30 A வரையுள்ள அலைகள் சூரியனின் ஒளி வட்டத்திலிருந்தும் உயர் நிற மண்டலப் பகுதிகளிலிருந்தும் வருகின்ற உமிழ் கோடுகளாகும். 10 A க்கும் குறைவான அலை நீளமுடைய எக்ஸ் கதிர்கள், சூரியக் கரும்புள்ளிகளிலிருந்து வெளி வருகின்றன. சூரிய நிறமாலை வரைவிகளைக் (spectro heliographs) கொண்டு, சூரியனின் புறமண்டலப் பகுதிகளைப் படம் பிடித்துப்

பார்த்தபொழுது, குறுகிய அலை நீளங்களைப் பொறுத்தமட்டும், சூரியன் சமச் சீரற்றதாக விளங்குகின்றது என்பது புலனாயிற்று. சூரியத் தீக் கொழுந்து (solar flame) ஒரு சூரியக் கரும்புள்ளிக்கு அருகிலேயே ஏற்படுகின்றது என்பதையும், சூரியக் கரும்புள்ளிப் பகுதிகளில் காந்தப் புல வலிமை மிக மிக அதிகமாக இருக்கின்றது என்பதையும் ஏவூர்தி வானியல் மூலம் கண்டறிந்திருக்கிறார்கள். சுமார் 150 மில்லியன் கிலோ மீட்டர்களுக்கு அப்பால் உள்ள இந்தச்சூரியக் கரும் புள்ளிகளின் இயக்கங்கள், புவியின் பருவ காலங்களில் குறிப்பிடும் படியான மாற்றத்தைஉண்டுபண்ணுகின்றன என்பதால், இவை தொடர்பான ஆய்வுகள் முக்கியமானதாகக் கருதப் படுகின்றன.

ஏவூர்தி வானியலின் பயனாகச்சூரியனின் வளி மண்டலம் பற்றிய கருத்துக்கள் தெளிவடையத் தொடங்கியிருக்கின்றன. இரும்பு அதைவிடக் கன மான பிற தனிமங்கள், புவியில் மதிப்பிட்டதைவிடக் கூடுதலாக, குறைந்தது இன்னும் 10 மடங்கு மிகுதி யாக இருக்கக் கூடும் என்பது ஏவூர்தி வானியல் ஆய்வு கள் மூலம் பெறப்பட்ட உண்மையாகும். அணு நிற மாலையியல் ஆராய்ச்சியில் இது பல திருப்பங்களை ஏற்படுத்தியிருக்கின்றது. பல கருத்துகள் புதிய விளக்கங்களைப் பெற்றிருக்கின்றன.

மிக அருகில் இருக்கக்கூடிய விண்மீன் சூரியன் மட்டும்தான். பிற விண்மீன்களைப் பற்றிய ஆய்வே முன்னோடி என்பதால், இவ்வாய்வுகளை நுட்பமா கவும், ஐயத்திற்கிடமின்றியும் செய்ய வேண்டியது அவசியமாகிறது. ஏவூர்தி வானியல் இதற்குப் பெரிதும் துணை புரிகின்றது.

சூரியனைத் தவிர பிற விண்பொருள்களுக்கு ஏவூர்தி வானியல் முறைகள் கடினமானவை மட்டு மல்லாமல் அளவீடுகள் குறைந்த நுட்பத் திறனுடைய வாகவும் இருக்கின்றன. எனினும் வானியல் ஆய்வில் இதன் பங்கு முக்கியமானதாகக் கருதப்படுகின்றது. எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள் பேரண்டத்தில் இருக்கலாம் என்ற உண்மை முதன் முதலில் ஏவூர்தி வானியல் மூலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதாகும்.

மிகக் குறைந்த பிறழ்ச்சியுடன் கூடிய ஒளியியல் அமைப்புகளினால் சில விண்மீன்களின், குறிப்பாக அதிக வெப்பநிலையில் இருக்கின்ற விண்மீன்களின் நிறமாலை ஆராயப்பட்டது. இவ்வாய்வுகள் விண் மீன்களின் வளி மண்டலம் பற்றிய உண்மைகளைப் புலப்படுத்தின. ஓரியன் விண்மீன்குழுவில் உள்ள வெப்ப மிக்க பெரிய விண்மீன்களை ஆராய்ந்த பொழுது, அதனால் உமிழப்படும் புறஊதாக் கதிர்கள் டாப்ளர் பெயர்ச்சிக்கு உட்படுகின்றன என்பது தெரிய வந்தது. இது அதன் நிறை குறைந்து கொண்டே வருகின்றது என்பதையும், இறுதியாக அது ஒரு குறு வெள்ளை விண்மீனாக (white dwarf)மாறலாம் என்பதையும் தெரியப் படுத்துவதாக அமைந்திருக் கின்றது.

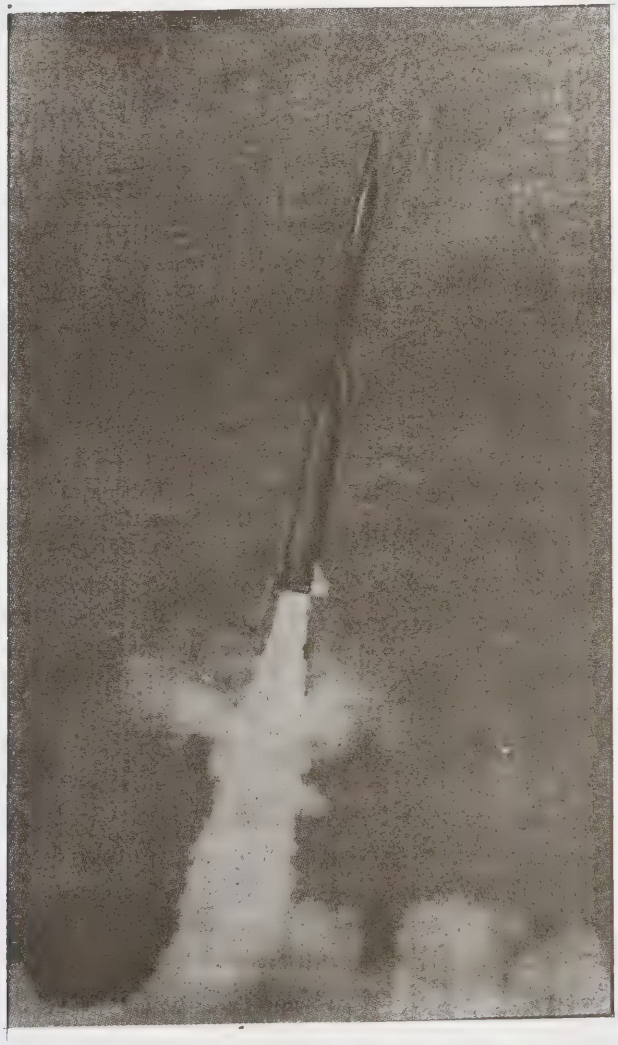
ஏரோபீ ஏவூர்திகள் விண்வெளியில் இருக்கும் எக்ஸ் கதிர் மூலங்களை நன்கு புலப்படுத்திக் காட்டி யுள்ளன. நளி விண்மீன்குழு (scorpion) 1962-ஆம் ஆண்டில் scorpius XR - 1 என்று குறிப்பிடப்படும் ஓர் எக்ஸ் கதிர் உமிழ் மூலமாக இருப்பது அறியப் பட்டது. ஏறக்குறைய 100 ஒளி ஆண்டுக்கப்பால் உள்ள இது தன் ஆற்றலை 99.9 விழுக்காடு எக்ஸ் கதிர்களாக உமிழ்கின்றது. இதன் கண்டுபிடிப்பு ஏவூர்தி எக்ஸ் கதிர் வானியல் வளர்ச்சிக்கு வழி வகுத்தது. 1968இல் எக்ஸ் கதிர்களை உமிழும் மாறொளிர் விண்மீனைக் (pulsar) கண்டுபிடித்திருக் கின்றனர். மாறொளிர் விண்மீன் என்பது மாறிமாறி ஒளிவிடும் ஒரு சுழலும் நியூட்ரான் விண்மீனாகும். இவற்றைப் பற்றிய ஆய்வுகளால், அண்டத்தின் பிறப்பு அதன் இறுதி நிலை பற்றியும் ஓரளவு ஊகித் தறிய முடியும்.

புவியியல் ஆய்வுகள். ஏவூர்தி வானியலைக் கொண்டு புவியின் அயன மண்டலம், துருவ ஒளி புவியின் புற வளிமண்டலப் பகுதி இயைபு போன்ற வற்றை ஆய்ந்தறிய முடிகிறது. சூரியனின் சில உமிழ் வரிகள் எங்ஙனம் வளி மண்டலத்தில் மெலிவடைகின் றன என்பதை மதிப்பிட்டு இதை அறிகின்றார்கள். அயன மண்டலத்தின் தோற்றம், சூரியகதிர் வீச்சுக் களினால் அதன் உட்சேர்க்கையால் ஏற்படும் மாற் றங்கள் பற்றியும் அறிந்து கொள்ள ஏவூர்தி வானி யல் பயன்படுகின்றது. தொலைதூரக் கம்பியில்லாச் செய்திப் போக்குவரத்திற்கும் தொலைக் காட்சி ஒளிபரப்பிற்கும் இந்த அயன மண்டலம் பெரிதும் துணைபுரிகின்றது என்பதால், இம்மண்டலத் தொடர் பான ஆய்வு மிகவும் முக்கியமானதாகக் கருதப்படு கின்றது.

சூரியனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்கள் வளி மண்டலத்திலுள்ள ஓசோன் அடுக்கினால் பெருமளவு உட்கவரப்படுகின்றன என்பதால் ஆற்றல் மிக்க அக் கதிர்கள் புவியைத் தாக்கி அழிப்பது இயற்கையாகவே தவிர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. இந்த ஓசோன் அடுக்குச் சுற்றுப் புறம் மாசுபடுத்தப்படுவதனால் மெள்ள மெள்ளச் சீரழிந்து கொண்டு வருகின்றது. காப்புக் கவசமாக விளங்கி வரும் ஓஸோன் அடுக்கு பற்றிய ஆய்வுகளை மேற்கொள்ள மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவ்வூர்திகளைத்தவிர விண்வெளியில் செயற்கைக் கோள்களைச் செலுத்தி, அவற்றை வளி மண்டலத்தில் நிலை பெறச் செய்து நிலையானதொரு வானியல் ஆய்வுக் கூடத்தை நிறுவி இத்தகைய ஆய்வுகளை நீண்ட காலத்திற்கு மேற் கொள்ள முடியும். செயற்கைக் கோள்களைச் செலுத்த இந்த ஏவூர்திகள் பயன்படுகின்றன.

இந்தியாவில் ஏவூர்தி வானியல். திருவனந்தபுரத்திற்கு அருகில் உள்ள தும்பாவில் நடுவரை கோட்டு ஏவூர்தி செலுத்தும் தளம் 1963 ஆம் ஆண்டில் அமைக்கப்பட்ட பின்னர் இந்தியாவில் ஏவூர்தி வானியல் வளரத் தொடங்கியது. நூற்றுக் கணக்கான மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகளை விண்ணில் செலுத்திப் பல்வேறுபட்ட புவியியல் ஆய்வுகளை இந்திய வானியல் அறிஞர்கள் மேற்கொண்டார்கள். இவற்றுள் அண்டக் கதிர்கள் பற்றிய ஆய்வுகள் மிகவும் முக்கியமானவை.

தும்பாவிலுள்ள விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி மையத்திலிருந்து செலுத்தப்படும் மீவிசும்பாய்வு



படம் 1

ஏவூர்திகள் ரோகிணி எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவை திண்ம எரிபொருளால் உந்தப்படுவனவாக உள்ளன. ரோகிணி-125 என்பது 32 கி.கி. எடையுள்ள ஓரடுக்கு ஏவூர்தியாகும். இது 7 கி.கி. எடையுள்ள சிறப்புச் சுமையை 10 கி.மீ. வரை எடுத்துச் செல்ல வல்லது. ரோகிணி - 560, ரோகிணி - 200 என்பவை ஈரடுக்கு ஏவூர்திகளாகும். இவற்றில் 1.4 டன் எடையுள்ள ரோகிணி 560, 100கி.கி. எடையுள்ள சிறப்புச் சுமையுடன் 350 கி.மீ.வரை செல்லக் கூடியது. இதன்அமைப்பு, படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது.

ரோகிணி ஏவூர்திகள் தும்பா தவிர, ஆந்திரப் பிரதேச மாநிலத்தில் உள்ள ஸ்ரீஹரிகோட்டா மற்றும் ஒரிசாவில் உள்ள பாலாசோர் போன்ற இடங்களிலிருந்தும் ஏவப்படுகின்றன. சூரிய அண்டக் கதிர்கள், பூமியின் அயன மண்டலம், எக்ஸ் கதிர் வானியல் தட்ப வெப்ப நிலை பற்றிய ஆய்வுகளுக்கு இம் மீவிசும்பாய்வு ஏவூர்திகள் இந்தியாவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பம்பாயில் உள்ள டாடா அடிப்படை ஆய்வு நிறுவனத்தில் எக்ஸ் கதிர் வானியல் ஆய்வுகள் முனைப்புடன் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. இதற்குச் செயற்கைக் கோள்களையும், பலூன்களையும் தொடர்ந்து பயன்படுத்தி வருகின்றார்கள். ஆரியபட்டா, பாஸ்கரா, ரோகிணி, ஆப்பிள் அநுராதா போன்றவை இந்தியாவால் ஏவப்பட்ட செயற்கைக் கோள்களாகும்.

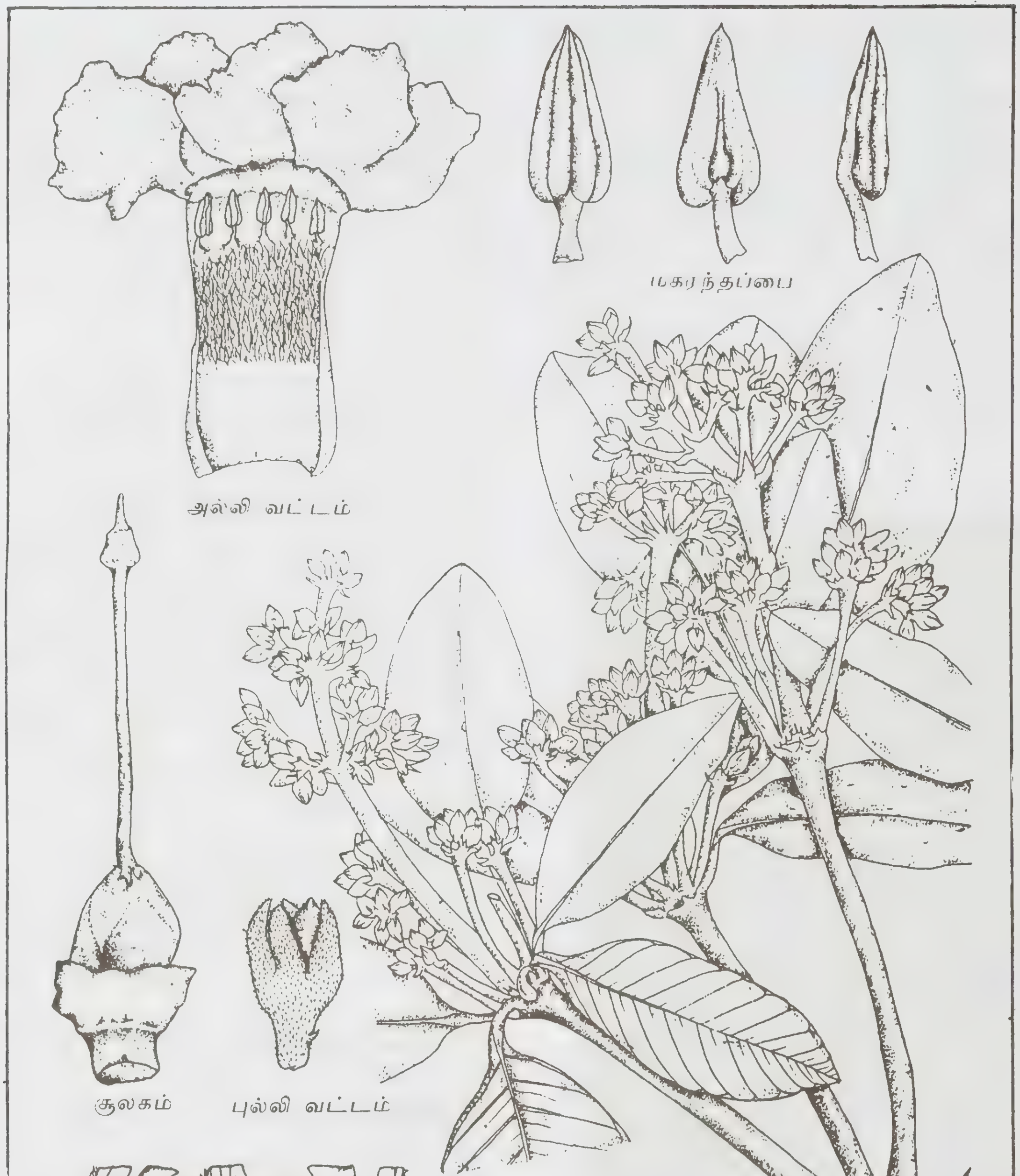
இந்திய வானியலார் ஏவூர்தி வானியலின் அடிப்படையில், சனிக் கோளுக்கு வளையங்கள் இருப்பது போல யுரேனஸ் என்ற கோளின் மீதும் வளையங்கள் இருப்பதைக் கண்டறிந்திருக்கின்றனர்.

- தனலட்சுமி மெய்யப்பன்

ஏழிலைப்பாலை

இதன் தாவரவியல் பெயர் ஆல்ஸ்டோனியா ஸ்கோலேரிஸ் (*Alstonia scholaris*). இது அபோசைனேசி எனப்படும் இரு வித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். ஆல்ஸ்டோனியா என்னும் இனப்பெயர் எடின்பரோ பல்கலைக்கழகத் தாவரவியல் பேராசிரியர் ஒருவரின் பெயரால் இடப்பட்டதாகும். ஆல்ஸ்டோனியா இனத்தைச் சேர்ந்த 30-40 சிற்றினங்கள் கிழக்கு இந்தியாவிலும் ஆஸ்திரேலியாவிலும் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் இந்தியாவில் ஆறு சிற்றினங்களேயுண்டு. மற்றவை மேற்கு ஆப்பிரிக்கா முதல் பசிபிக் கடற்கரை வரை பரவியுள்ளன.

வளரியல்பு. ஏழிலைப் பாலை ஓர் அழகான, உயரமான 20-30 மீ. உயரம் வளரக்கூடிய மரமாகும்.



ஏழிலைப்பாலை

எப்பொழுதும் பசுமையான இதன் அடிமரம் உருண்டையாகக் காணப்பட்டாலும் செங்குத்தான பலகை போன்ற நீட்சிகளைக் கொண்டது. மரப் பட்டை வெட்டப்பட்டால் பால் போன்ற நீர்மம் வெளிப்படும். மரப்பட்டையின் உட்புறம் மஞ்சளாக இருக்கும், கிளைகள் வட்ட அமைப்பு உடையவை. கணுவுக்கு 4-7 இலைகள் வரையுண்டு. தமிழ்ப்பெய ரான ஏழிலைப்பாலை இதன் அடிப்படையில் இடப் பட்டதாகும். இலைகள் நீண்டகாம்புடன் இலையடிச் செதில்கள் அற்று இருக்கும். இலைப் பரப்பு தலைகீழ் ஈட்டிமுனை (oblanceolate) வடிவம் கொண்டது; தோல் போன்றது. பக்க நரம்புகள் 30-60 இணையாக அமைந்திருக்கும். இலைப் பரப்பின் கீழ்ப்புறம் வெண் மையாகக் காணப்படும்.

மஞ்சரி. குடை மஞ்சரி (umbel) அடுக்கடுக்காக விளக்குப் போல் காணப்படும். மலர்கள் மிகச்சிறிய காம்பு கொண்டவை. மலர்கள் சிறியவை; வெளிர் பச்சை நிறமும், மசாலாமணமும் கொண்டவை; இரு பால், ஒழுங்கானவை, ஆரச்சமச்சீர் கொண்டவை.

புல்லிவட்டம். இணைந்தது, கிண்ணம் போன்றது, மேற்பகுதி ஐந்து சமமற்ற மடல்களைக் கொண்டது. மென் தூவிகளால் சூழப்பட்டது.

அல்லிவட்டம். இணைந்தது, தந்தநிறம்கொண்டது அல்லிக்குழல் 1 செ.மீ. நீளமிருக்கும். மகரந்தத்தாள் கள் கொண்ட நடுப்பகுதி மட்டும் சற்றுப் பருத் திருக்கும். வெளிநோக்கி நீண்டுள்ள மடல்கள் இடப் புறமாகத் திருகு அமைப்பிலிருக்கும். அல்லிக்குழலின் கழுத்துப் பகுதியின் உட்புறம் கீழ்நோக்கிய நீண்ட தூவிகள் காணப்படும்.

மகரந்தத்தாள். அல்லி ஒட்டியவை; மகரந்தப் பைகள் இதய வடிவம் கொண்டவை. அல்லிக் குழல் உள்ளடங்கி அமைந்திருக்கும்.

சூலகம். சூல்பைகள் இரண்டு, தனித்தவை; மேல் மட்டச் சூல்பை, சூல்கள் பல விளிம்பு ஒட்டிய முறை; ஒரு சூல்தண்டு 5 மி.மீ. நீளம் சூல்முடி தலைகீழ் கூம்பு வடிவம் கொண்டது.

கனி. சூல்பைகள் தனித்தவையாதலால் திரள் கனியாகும். ஒவ்வொரு சிறு கனியும் (mericarp) ஒரு புற வெடிகனி (follicle) ஆகும். இணையாகக் காணப் படும். கனி ஒவ்வொன்றும் ஏறத்தாழ 30-60 செ.மீ. நீளமிருக்கும். ஏழிலைப்பாலை மரம் பூக்கும் நிலை யிலும், கொத்துக் கொத்தாகத் தொங்கும் காய்க ளோடு கூடிய நிலையிலும் மிகவும் அழகாக இருக்கும். விதைகள் தட்டையாக இரு முனைகளிலும் கற்றை யான தூண்களைக் கொண்டிருக்கும்.

இம்மரத்தின் வணிகப் பெயர் சைத்தான் மரம் என்பதாகும். இது வட இந்தியப் பெயர்களிலிருந்து சூட்டப்பட்டதாகும். வடமொழியில் சப்தபர்ணம் என்பதும், தமிழில் ஏழிலைப்பாலை என்பதும், இலை களின் அமைப்பின் அடிப்படையில் சூட்டப் பட்டவை.

பொருளாதாரச் சிறப்பு. அறுத்த மரக்கட்டைகள் தொடக்கத்தில் வெள்ளையாக இருந்துபின்னர் மஞ்சள் அல்லது பழுப்பு நிறத்திற்கு மாறிவிடும். கட்டை பளபளப்பாகவும், மிருதுவாகவும், இருக்கும் ரம்பத்தால் அறுப்பது எளிது. ஆனால் இம்மரம் நீடித்து இல்லாமல் பூச்சி அரிப்பு, பூஞ்சைத் தாக்கு தலுக்கு எளிதாக உட்படக்கூடியது.

இம்மரத்தின் கட்டைகளைக் கொண்டு அக்காலத் தில் குழந்தைகளுக்கு எழுதுபலகை தயாரித்து வந்தனர். இதன் சிற்றினப்பெயரான ஸ்கொலாரிஸ் என்பது இதன் அடிப்படையாகக் கொண்டு சூட்டப் பட்டதாகும். மேலும் கட்டையைக் கொண்டு கரும் பலகை ஒட்டுப்பலகை, தீக்குச்சி, பென்சில், பெட்டி முதலியவை தயாரிக்கின்றனர். மரத்திலிருந்து வரும் பாலில், அழுத்தமில்லாத ரப்பரைச் சார்ந்த பொருள் கள் செய்யப்படுகின்றன. கேடச்சு என்பது ஏறத்தாழ 2-8% அளவு இதில் உள்ளது. கெட்டிப்படுத்தும்போது இதில் ரப்பர் போன்ற பொருள் 12-30% உம், ரோசனம் 70-78% உம் காணப்படும். கசப்புச் சுவை கொண்ட இது கட்டிகளுக்கும், காயங்களுக்கும் சிறந்த மருந்தாகும்.

இம்மரத்தின் காய்ந்த பட்டையை வணிகத்துறை யில் சேட்டிம் என்று குறிப்பிடுவர். இது மருந்தாகப் பயன்படுகிறது. தீவிர வயிற்றுப்போக்கு, ரத்தபேதி இவற்றிற்கு ஏற்ற மருந்தாகவும் வலிமைதரும் மருந்தாகவும் மலேரியா காய்ச்சலுக்கு சிறந்த மருந் தாகவும் இது பயன்படுகிறது. மரப்பட்டையிலுள்ள அல்கலாய்டான எகிடமைனே இதற்குக் காரணம் என்பர். இந்த அல்கலாய்டு, எகிடமைன் அமீபா போன்ற ஒரு செல் உயிரிகளைக் கொல்லக்கூடிய நச்சுத்தன்மை கொண்டதன்று. அதனால் மலேரியா நோய்க்குக் காரணமான கிருமியைக் கொல்லும் ஆற்றல் இதற்கில்லை என்றும் சிலர் கூறுவதுண்டு. தொடக்க நிலையில் இது இரத்த அழுத்தத்தைச் சற்றுக் குறைப்பதுண்டு என்றும் கூறப்படுகிறது. சில நூல்கள் சேட்டிம் மலேரியாவிற்குச் சிறந்த மருந்து எனக்குறிப்பிடுகின்றன. இம்மருந்தைப் பயன்படுத்தும் போது உடல் வெப்பம் மெதுவாகக் குறைவதோடு வியர்வை களைப்பு இவற்றையும் ஏற்படுத்து வதில்லை. ஆனால் பிற மலேரியா மருந்துகளில் இப் பக்க விளைவுகள் ஏற்படுவதுண்டு. சேடியின் இத்தகு மலேரியா நோய் நீக்கும் குணத்தைப் பொறுத்து வேறுபட்ட கருத்துகளும் உள்ளன.

-தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஏற்பணு

சிலிகான், ஜெர்மேனியம் போன்ற படிகப் பொருள்கள் பகுதிக் கடத்திகளாகச் (semi conductor) செயல்படுவதற்குக் காரணம் மிக நுண்ணிய அளவில் அவற்றில் சேர்க்கப்படும் வேற்றுப்பொருளே ஆகும். சேர்க்கப்படும் வேற்றுப் பொருளின் தன்மைக்கு ஏற்ப, படிகத்தில் கட்டற்ற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையோ நேர்மின் துளைகளின் எண்ணிக்கையோ பெருக முடியும். எந்த வேற்றுப் பொருள், படிகத்திலிருந்து ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட எலெக்ட்ரான்களை ஏற்றுக்கொண்டு எதிர் மின்னூட்டம் பெற்று விளங்குகின்றதோ, அவ்வேற்றுப் பொருள் ஏற்பணு எனப்படும். இவ்வேற்பணுக்கள், படிகத்தில் உள்ள இயல் அணுக்களை விட ஒரு பிணை எலெக்ட்ரானைக் குறைவாகப் பெற்றிருக்கும். அலுமினியம், காலியம், இன்டியம் போன்ற பொருள்கள் சிலிகான் , ஜெர்மேனியம் போன்ற படிகப் பொருள்களில் ஏற்பணுக்களாகவும், ஆன்ட்டிமனி, பிஸ்மத் போன்ற பொருள்கள் டெல்லூரியம் போன்ற படிகப் பொருள்களில் ஏற்பணுக்களாகவும் விளங்குகின்றன. இவற்றின் சேர்க்கையால், குறை கடத்திகளில் நேர்மின் துளைகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கின்றது. படிகத்தின் இணைதிறன் கடத்தல் பட்டையிலிருந்து(valence band) எலெக்ட்ரான் ஏற்பணுவால் ஏற்றுக்கொள்ளப் படுவதால் விளையும் ஆற்றல் மிகைப்பு, அவ்வணுவின் அயனியாக்க ஆற்றலே ஆகும்.

- மெ. மெய்யப்பன்

ஏற்பு

ஒரு மின் சுற்றுவழியின் மின்விடுப்பு (Y), கலப்பு எண்ணால் குறிக்கப்படும்போது அமையும் அதன் கற்பனைப் பகுதி ஏற்பு (susceptance) எனப்படும்.

$$Y = G \pm jB$$

என்னும் சமன்பாட்டில், G என்பது கடத்தத்தையும், B என்பது ஏற்பினையும் (susceptance) குறிக்கும்.

மேலும், $Y = \frac{1}{z} = \frac{1}{R + jX}$

இந்தச் சமன்பாட்டில் R என்பது மின்தடை மற்றும் $X = (X_L - X_c)$ என்பது தொகு தூண்டல் எதிர் வினைப்பு. ஆகையால்,

$$Y = \frac{R}{R^2 + X^2} - j\frac{X}{R^2 + X^2}$$

மற்றும் $B = \frac{X}{R^2 + X^2}$

மேற்கூறிய ஏற்பின் பொதுவான சமன் பாட்டிலிருந்து, அது மின்தடை மற்றும் தூண்டல் எதிர் வினைப்பு (inductive reactance) இரண்டையும் சார்ந்தது என்பது தெளிவாகும். மின்தடை மிகவும் குறைவாக இருந்தால், அதனைத் தள்ளுபடி செய்து $B = \frac{1}{x}$ எனலாம். அதாவது ஏற்புத் தூண்டல் எதிர்வினைப்பின் தலைகீழ் என்று கூறலாம். மின்தடை இல்லாத சுற்றுவழியில்

$$\text{தூண்டல் ஏற்பு } B_L = \frac{1}{jX_L} = -jB, \text{ சீமன்ஸ்}$$

$$\text{கொண்ம ஏற்பு } B_c = \frac{1}{-jX_c} = jB_c \text{ சீமன்ஸ்}$$

இந்தச் சமன்பாடுகள் மாறுமின்னோட்டம் பாயும் இணைச் சுற்றுக்களைப் பற்றிய கணிப்புகளுக்கு மிகவும் பயன் வாய்ந்தவை.

- சு. சண்முகசுந்தரம்

ஏற்பு, காந்த

இது காந்தப் புலத்தில் உள்ள ஓர் அலகுப் பொருளில் ஏற்படும் காந்த ஏற்றம் ஆகும். ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும் பொருளில் ஏற்படும் காந்த விளைவை இது குறிக்கின்றது. M என்பது காந்த ஏற்றமும் H என்பது ஊட்டிய காந்தப்புலமுமானால், காந்த ஏற்பு (magnetic susceptibility) என்பது கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின்படி அமையும்.

$$x = \frac{M}{H} \quad \rightarrow 1$$

M என்பது Hக்கு இணையாக இல்லாதபோது, Xஒரு டென்சராக (tensor) இருக்கும். மற்ற சமயங்களில் சாதாரண எண்ணாக இருக்கும். படிகப் பொருள்களுக்கு, x ஆனது Hக்கும் படிகத்தின் அச்சுக்கும் உள்ள திசையினைப் பொறுத்து அமையும்.

காந்த ஏற்பைப் பல வகைகளில் குறிக்கலாம். அவை, அலகு எடைக்கான ஏற்பு, ஒரு அணுவிற்கான ஏற்பு, அலகு பருமனுக்கான ஏற்பு மற்றும் ஒரு மோலுக்கான (mole) ஏற்பு என்பன. நிலையியல் (static) ஏற்பு, நிலையான காந்தப் புலத்தில்

அளக்கப்படுகிறது; அலை எண் சார்ந்த ஏற்பு மாறு காந்தப் புலத்தில் அளக்கப்படுகிறது.

ஃபெர்ரோ காந்த ஏற்பு(ferromagnetic susceptibility) கியூரி வெப்பநிலைக்கு மேல் இரும்பியல் ஃபெர்ரோ

$$x = \frac{C}{(Tc-\theta)} \rightarrow 2$$

காந்தப் பொருள்கள் கியூரி-வீயஸ் என்னும் விதிப் படிச் செயல்படுகின்றன. இந்த சமன்பாட்டில் C என்பது கியூரி மாறிலி, Tc= இரும்பியல் காந்த கியூரி வெப்பநிலை, θ= இணை காந்த கியூரி வெப்ப நிலை ஆகும். பொதுவாக இணை காந்தக் கியூரி வெப்பநிலை (Q) இரும்பியல் காந்தக் கியூரி வெப்ப நிலையை (Tc) விட அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே எல்லா இரும்பியல் காந்தப் பொருள்களும் இரும் பியல் காந்தக்கியூரி வெப்பநிலைக்கு மேல் இணை காந்த இயல்பினைக் கொள்கின்றன. கியூரி வெப்ப நிலைக்கு மேல் கியூரி-வீயஸ் விதியானது ஒரு அணுகு சமன்பாடேயன்றி முற்றும் சரியாகச் செயல்படுவதில்லை.

கியூரி வெப்பநிலைக்குக்கீழ் நிலையியல் ஏற்பு பொதுவாக வரையறுக்கப்படுவதில்லை. அலை எண் சார்ந்த ஏற்பு மிகக் குறைவான மாறுகாந்தப் புலத்தில் அளவிடப்படுகின்றது. இதன் மூலம் இரும்பியல் காந்தக்கள அமைப்பு முறைகளைப் பற்றி அறியலாம்.

இணை காந்த ஏற்குமை (paramagnetic susceptibility) பெரும்பாலான இணைகாந்தப் பொருள்களின் நிலையியல் ஏற்குமை சாதாரண வெப்பநிலையில் லாங்வின்-டெபி விதிப்படி அமைகிறது.

$$x = \frac{NP^2\mu_B{}^2}{3KT} + N\alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3$$

இங்கு Nஎன்பது அலகு பருமனில் உள்ள காந்த இரட்டைத் துருவங்களின் எண்ணிக்கை. Pதொகு மெக்னெடான் (magneton) எண், μ_B போர் மேக் னெட்டான், K போல்ட்ஸ்மேன் மாறிலி, T கெல்வின் வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பத் தொடர்பில்லா வான்வலெக் இணை காந்த விளைவுசமன்பாடு(3)இல் உள்ள முதல் பகுதி 1/T யினைச் சார்ந்திருப்பதால் இதனைக் கியூரி விதி என்று கூறலாம்.

ஒரு நிலைக்கு மேல் காந்தப் புலத்தைக் கூட்டும் போது காந்த ஏற்றம் மிகாத நிலை ஏற்படுகிறது. அப்போது காந்த ஏற்புத் தெவிட்டிய நிலையை (saturation) அடைந்து விடுகிறது. தெவிட்டிய நிலை மிக அதிகமான காந்தப் புலத்தாலோ மிகக் குறைந்த வெப்ப நிலையாலோ ஏற்படக்கூடும்.

எதிர்க்காந்த ஏற்குமை(diamagnetic susceptibility). எதிர்க் காந்தப் பொருள்களின் ஏற்பு மறுதலை எண் ணாக அமையும். இதற்குக் காரணம் இப்பொருள் களைக் காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அவை, காந்தப் புலத்துக்கு எதிர்த்திசையில் காந்த ஏற்றம் அடைவதாகும். எதிர்க் காந்த ஏற்பு, வெப்பநிலை யினைச் சார்ந்ததன்று.

எதிர்க் காந்த ஏற்பானது எலெக்ட்ரான் பரந்தி ருக்கும் விதம், அவற்றின் ஆற்றல் நிலை இவற்றி னைச் சார்ந்திருக்கும்.

- சு. சண்முகசுந்தரம்

ஏற்பு, மின்

இது மின் காப்புப் பொருளில் முனைவுறுல் எவ் வளவு எளிதில் ஏற்படும் என்பதைக் குறிக்கும் பரி மாணமில்லாத ஒரு குறியீடு ஆகும். மின் ஏற்பு (electric susceptibility) (x) என்பது தொகு முனைவு றலுக்கும் (p), மின் புலச்செறிவு (E) மற்றும் வெற் றிட மின் இசைமை (E_o) இலையிரண்டின் பெருக்கு தொகைக்கும் உள்ள விகிதமாகும். அதாவது,

$$x = \frac{p}{E_o E}$$

மேலும் மின் ஏறகுமைக்கும், ஊடகத்தின் மின் இசைமை மாறிலிக்கும் (1/k) உள்ள தொடர்பு கீழ்க் காணும் சமன்பாட்டில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$x = (K-1)$$

மின் ஏற்பிற்கும், முனைவுறுமைக்கும் (α) உள்ள உறவினை, மூலக்கூற்றுச் சுட்டளவுகளால் (molecular parameters) அறியலாம். அதாவது,

$$P = N(\mu)_{avg} = N \alpha E_L \text{ மற்றும் } x = \frac{N \alpha E_L}{E_o E}$$

மேற்கூறிய சமன்பாடுகளில், N (அடர்த்தி) என்பது அலகு பருமனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை; $(\mu)_{avg}$ என்பது அவற்றின் சராசரி இருதுருவத் திருப் புமை; மற்றும் E_L என்பது மூலக்கூறு இருக்குமிடத் தின் மின்புலச்செறிவு ஆகும். குறைந்த மூலக்கூற்றுச் செறிவுள்ள பொருள்களில், E_L என்பது E யினை நெருங்கவிடுவதால், ஏற்பு (x) செறிவின் (N) நேர் விகிதத்தில் அமைகிறது.

- சு. சண்முகசுந்தரம்

ஏற்ற-இறக்கங் காட்டி

பருமனறி பகுப்பாய்வில் அளவு காண வேண்டிய பொருள் முழுதுமாக பயன்பட்டிருப்பதை முடிவு நிலை வழியாக அறியலாம். வினைகள் பொதுவாக அமில-கார, ஏற்ற-இறக்க, வீழ்படிவதால், அணைவுச் சேர்மங்களாதல் எனப் பலவகையாகும். இதேபோல் வினைவகைகளின் தன்மைக்கேற்ப அவற்றில் பயன் படுத்தப்படும் காட்டிகளும் பல வகைப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு காட்டியையும் ஒரு குறிப்பிட்ட வரைய றைக்குள்ளேதான் பயன்படுத்தமுடியும்.ஏற்ற-இறக்கங் காட்டிகள் அல்லது ஆக்சிஜனேற்ற-ஒடுக்கங்காட்டிகள் (redox indicators) இவற்றில் ஒருவகையாகும்.

பல ஏற்ற-இறக்கங்காட்டிகளின் பயன்கள் சிறப் பானவை. வினைகளின் போது இவை ஆக்சிஜனேற்ற இறக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. அவ்வாறு ஆக்சிஜனேற்ற, இறக்கமடையும் நிலையில் அவற்றில் வண்ண மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இந்த வண்ண மாற்றத்தால் அவற்றின் வேறான நிலைகளை அறியவும், முடிவு நிலையை உணரவும் முடிகிறது. ஒரு கரைசலில் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து, காட்டியின் ஆக்சிஜனேற்ற நிலையில் மாற்றமேற்படு கிறது. இந்த மாற்றமே வண்ண மாறுதலுக்குக் காரணமாக அமைகிறது.

நெர்ன்ஸ்ட் சமன்பாட்டைப்பின்வருமாறு பயன் படுத்தலாம்.

$$\underset{\text{நிறம்}}{\text{ஆக்சிஜனேற்ற}} + ne^{-1} \rightleftharpoons \underset{\text{நிறம்}}{\text{ஆக்சிஜன் ஒடுக்க}}$$

$$E_{\text{நிறம்}} = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{ஆக்சிஜன் ஒடுக்க நிறம்}]}{[\text{ஆக்சிஜன் ஒடுக்க நிறம்}]}$$

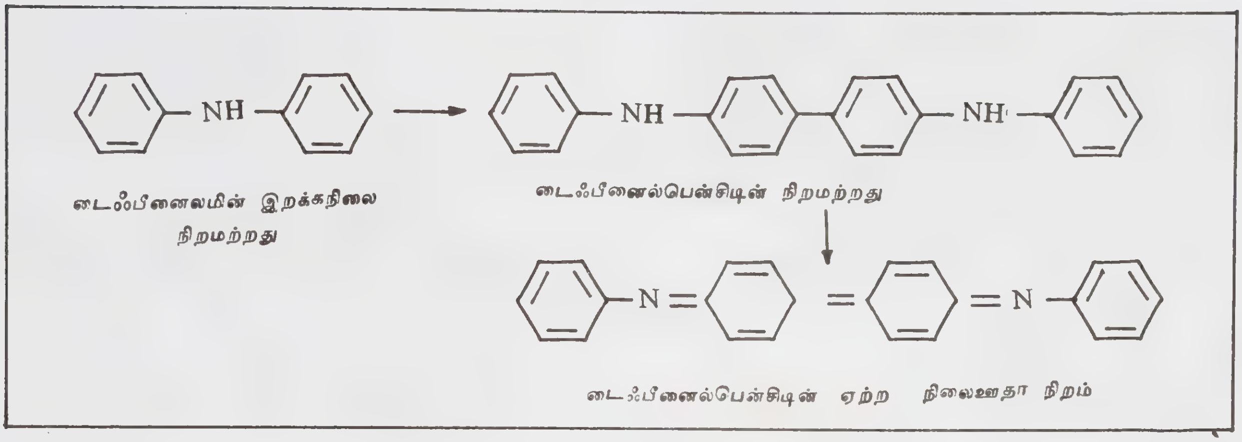
கரைசலின் $\frac{[\text{ஆக்சிஜன் ஒடுக்க நிறம்}]}{[\text{ஆக்சிஜனேற்ற நிறம்}]}$ என்ற விகிதத்தினால் பெறப்படும் மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பே $E_{\text{நிறம்}}$ கரைசலின் மின்னழுத்தத்தில் மாற்றமேற்படும்போது இந்த விகிதத்தின் மதிப்பில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. அதன் காரணமாக வண்ணங் களிலும் மாற்றமேற்படுகிறது. இந்த விகிதம் 10/1 இலிருந்து 1/10 க்குள் இருக்கும்போது நல்ல தெளி வான நிறமாற்றம் தெரிகிறது. மின்னழுத்தம் மாற்ற மேற்பட $\frac{2(0.59)}{1}$ V தேவைப்படுகிறது.

நிலைகாட்டிக்கு n=1 என்று கொண்டால் $\frac{2(0.59)}{1}$V =0.12V மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தும். இவ்வா றான காட்டிகளின் வண்ணமாற்றம், ஆய்வின் முடிவு நிலையை மிகத் தெளிவாக அறிய உதவுகிறது' பயன் படுத்தப்படும் காட்டியின் E° (ஆக்சிஜனேற்ற, இறக்க) மதிப்பாவது முறிக்கப்படும் கரைசலின் ஆக்சிஜனேற்ற இறக்க அமைப்பின் நியம அழுத்தங்களுக்கிடையே (standard potentials) அமைந்தால் முடிவு நிலையில் வண்ண மாற்றத்தைத் தெளிவாகவும், சிறப்பாகவும் அறியமுடியும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட pH நிலையில் பல ஆக்சிஜ னேற்ற, ஒடுக்கங்காட்டிகளின் E° மதிப்புகள் அறியப் படுகின்றன. உயிரியல் அமைப்பு வினைகளிலும், பரும னறி பகுப்பாய்வு முறைகளிலும் இவற்றின் பயன்கள் குறிப்பிடத்தக்கவை.

பெஃர்ராயின் (டிரிஸ் (1,10-பினான்த்ரோலின் இரும்பு (II) சல்ஃபேட்) ஒரு நல்ல ஆக்சிஜனேற்ற, ஒடுக்கக் காட்டி யாகும். இது சீரியம் (IV) கரைசல் களின் நீல நிறத்திற்கு ஆக்சிஜனேற்றம் செய்யப்படு கிறது. $Cr_2O_7^{2-}$ அயனிகளுக் கெதிராக Fe^{++} முறித் தலின் முடிவு நிலையை அறியும் வினைகளில் டைஃ பீனைலமினை ஏற்ற, இறக்க நிலைகாட்டியாகப் பயன்படுத்தலாம். இதன் இறக்க நிலையமைப்பு நிறமற்றதாகவும், ஏற்ற நிலையமைப்பு ஊதா நிறமா கவும் இருக்கிறது.

டைகுரோமேட்டிற்கெதிராக முறித்தலின் போது ஏற்றநிலை ஏற்படுகிறது. அவ்வாறு ஏற்ற நிலை யமைப்பு அடையும்போது முடிவு நிலையில் திடமான நீல, ஊதாநிறம் உண்டாகிறது. இந்த வினையில் டைகுரோமேட்-குரோமிக் முறைக்கெதிராக ஃபெரஸ்-ஃபெரிக் அயனி முறை முறித்தல் நிகழ்கிறது. நிலை காட்டியின் E° (ஏற்ற, இறக்க) மதிப்பு ஏறத்தாழ -0.75V. ஃபெரஸ்-ஃபெரிக் அயனிகளமைப்பின் மதிப்பு நியம மின்னழுத்தம் -0.78V. குரோமிக்-டைக்குரோ மேட் அயனிகள்மைப்பின்மதிப்பு-1.2V.வினையமைப்பு களின் நியம மின்னழுத்தங்களுக்கிடையே காட்டியின் நியம மின்னழுத்தம் அமையவில்லை. ஆகவே இவ் வமைப்பின் முடிவு நிலை தெளிவாகவும் சரியாகவும் அமையாது. ஆனால் முறித்தலுக்கு முன்பே ஆய்வுக் காகக் கொள்ளப்படும் கரைசலில் சிறிதளவு பாஸ் ஃபாரிக் அமிலத்தையோ ஒரு ஃபுளோரைடையோ சேர்த்தால், அது ஃபெரிக் அயனிகளுடன் அணைவுச் சேர்மத்தை உண்டாக்கும். ஃபெரிக்-ஃபெரஸ் அமைப் பின் நியம மின்னழுதத்தை-0.5 V க்குக் குறைக்கும். முறித்தல் நிகழும் இரு அமைப்புகளின் நியம மின்னழுத்தங்களுக்கு இடையே இது அமைவதால் சரியான முடிவு நிலை கிடைக்கிறது. N-பினான்த் ராலினிக் அமிலம் அல்லது 5,6-டைமெத்தில் 1.10-பீனானத்ரலின் ஃபெரஸ் சல்ஃபேட் (5,6டைமெத்தில்



பொதுவாகப் பயன்படும் காட்டிகள்

காட்டி	நிறம்		கரைசல்	E°V
	இறக்க நிலையில்	ஏற்ற நிலையில்		
நைட்ரோ ஃபெர்ராயின்	சிவப்பு	வெளிர்நீலம்	1M H_2SO_4	1.25
ஃபெர்ராயின்	சிவப்பு	வெளிர்நீலம்	1M H_2SO_4	1.06
டைஃபீனைலமீன்-p-சல்ஃபேரினிக் அமிலம்	நிறமற்றது	ஊதா	நீர்த்தஅமிலம்	0.84
டைஃபீனைலமீன்	நிறமற்றது	செங்கருநீலம்	1M H_2SO_4	0.76
மெத்திலின் நீலம்	நீலம்	நிறமற்றது	1M அமிலம்	0.53
இண்டிகோ டெட்ராசல்ஃபோனேட்	நிறமற்றது	நீலம்	1M அமிலம்	0,36

ஃபெர்ராயின்) போன்ற ஏற்ற இறக்க நிலைகாட்டிகளைப் பயன்படுத்தினால் பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம் போன்றவை சேர்ப்பதைத் தவிர்க்கலாம். டைபீனைலமின், டைபினைல் பென்சிடின் போன்றவை நீரில்முழுதும் கரைவதில்லை. ஆதலால் முறித்தலில் சிரமம் ஏற்படுத்துகின்றன. ஆனால் டைஃபீனைலமின் p-சல்ஃபோனிக் அமிலம் நீரில் கரைவதால் முடிவு நிலையறிவது எளிதாகிறது. 4,7-டைமெத்தில் ஃபெர்ராயினைப் பயன்படுத்தினால் மிக நல்ல முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன.

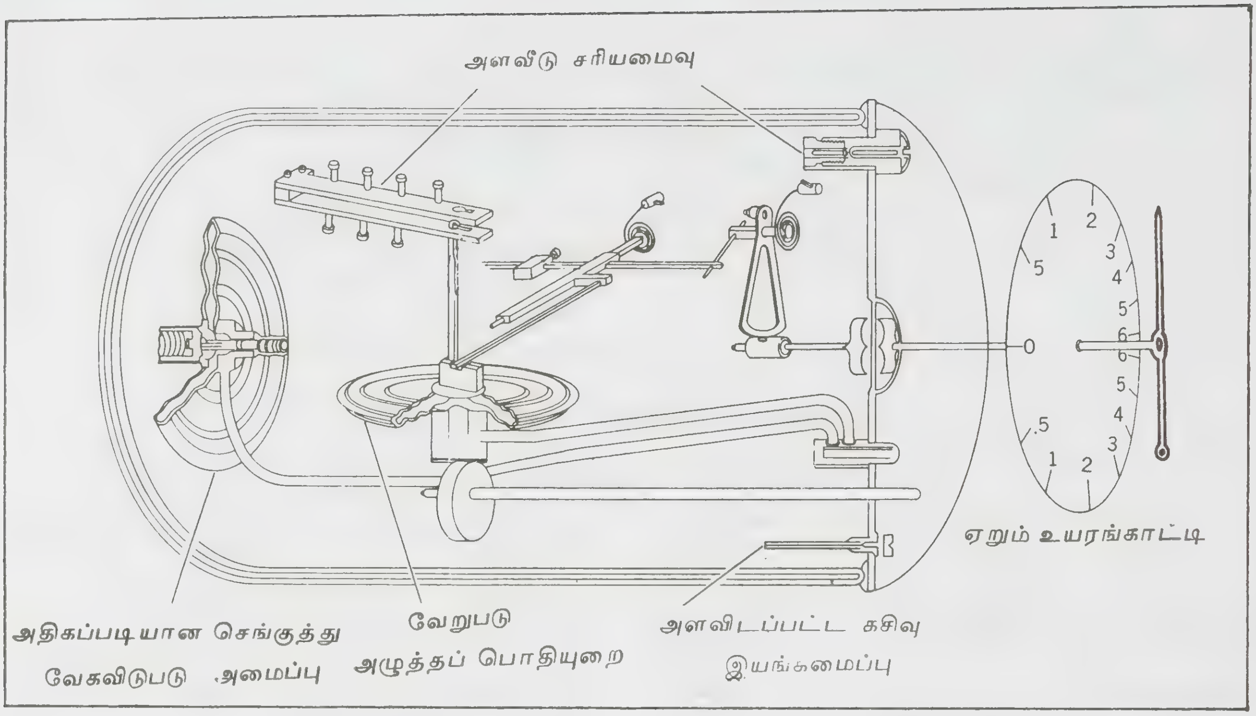
மீளும் ஏற்ற இறக்க வினைகளில் விரைவில் சமநிலை இயங்க, இடைநிலையாக்கிகள் உதவுகின்றன. உலோக அயனியமைப்பில் பிளாட்டினம் அல்லது வினைபுரியா மின் முனைக்கு நிலையான மின்னழுத்தம் தரச் சில ஏற்ற இறக்க நிலைகாட்டிகள் இடைநிலையாக்கிகள்ஆகப் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, ஆர்த்தோ பினான்த்ரொலின் ஃபெரஸ் அயனி இவ்வாறு உதவுகிறது.

- ச. வெங்கடாசலம்

ஏறும் உயரங்காட்டி

இக்கருவி வானூர்திகளில் பொருத்தப்படுகிறது. வானூர்திகள் ஆகாயத்தில் பறந்து கொண்டிருக்கும்போது வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு உயர்த்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு செங்குத்தாக மாறுபடும் உயரங்களை இக்கருவி சுட்டிக்காட்டுகிறது. விமானத்திற்கு வெளியே உள்ள வளிமண்டலக் காற்று அழுத்தத்தோடு, உள்ளிருக்கும் ஒரு சார்பு கன அளவிற்குட்பட்ட காற்று அழுத்தம் ஒப்பிடப்படும். அதனால் வெளிக்காற்று குறைந்து இருக்கும் அளவைக் கணக்கிட்டு உயரங்கள் அறியப்படுகின்றன. ஏறும் உயரங்காட்டியின் (rate of climb indicator) அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இக்கருவியில் அளவிடப்பட்டுத் திருத்தப்பட்ட ஒரு சுட்டிக்காட்டி, குறை நேர மாறிலி ஒன்றை ஆதாரமாகத் தோற்றுவித்து, சார்பு அழுத்தக் கன அளவு மதிப்பீட்டிற்கு எடுத்துக் காட்டுகிறது ஆகாய விமானம்தனது உயரத்தை அதிகவேகத்தில்மாறுபடுத்



ஏறும் உயரங் காட்டியின் அமைப்பு.

மாறு படுத்தும் போது அழுத்த வேறுபாடு மிகும். இந்த அழுத்தவேறுபாடு ஒருவகையான அழுத்தநிலைப் பொதியுறையுள் (capsule) ஏற்படுகிறது. இப்பொதியுறையில் விரிவாக்கமோ சுருக்கமோ ஏற்படும்போது கருவியுள் இருக்கும் நுண்ணிய எந்திர அமைப்பு இந்த வேறுபாட்டை முறைப்படிக்கடத்தி, சுட்டிக்காட்டியில் காட்டுகிறது. சுட்டிக்காட்டி இந்த அழுத்த வேறுபாட்டை நிமிடத்திற்கு இத்தனை மீட்டர் என்ற வாறு மாறுபடுத்திக் காட்டும். வளிமண்டலக் காற்றில் அடர்த்தி உயர நிலைக்கும் வெப்ப நிலைக்கும் தகுந்த வாறு மாறுபடும். எனவே மாறுபடும் பாகுநிலை வீதத்திற்கு ஏற்றவாறு கருவி கவனத்துடன் வடிவமைக்கப்பட வேண்டும். கணக்கிடப்படும் அழுத்த நிலைகள் மிகக் குறைவாக இருக்கும். அதன் அளவுகள் பொதுவாக பாரமானி அழுத்த அளவில் 6-100மி.மீ. நீர் அளவு வரை இருக்கும். மற்றும் காற்றுப் பண்பியல்புகளை அறியும் கணிப்பான்களும் பயன்படுத்தப் படுவது உண்டு. இதில் வேறுபடும் செங்குத்து உயரம் மின் குறியீடுகளாகச் (electrical signals) சுட்டிக் காட்டப் படுகின்றன. விமானி உடனுக்குடன் உயர் நிலை மாறுபாடுகளை அறிவதற்கு ஏற்ற வகையில் விளைவுகளை உடனுக்குடன் தெளிவாகக் காட்டுகிற முடுக்கப் பதிலீட்டு நுட்பக் (acceleration sensitivity) கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுவதுண்டு.

- கே.ஆர். கோவிந்தன்

ஏஜிரின்

இதன் கனிம உட்கூறு Na $Fe^{3+}(Si_2 O_6)$ ஆகும். இதன்படிகங்கள் பொதுவாக நீளமான பட்டக வடிவிலும் அரிதாக ஊசி வடிவிலும் உள்ளன. குச்சி அமைப்போடும், ஆரப்போக்கில் இழை அமைப் போடும் இதிலுள்ள கூட்டுப் பொருள்கள் காணப் படுகின்றன.

ஏஜிரின் (agirine), கருமை கலந்த பச்சை நிறம் முதல் கரும்பச்சை நிறம் வரை காணப்படுகிறது. இதன் மிளிர்வு பளிங்கு போன்றது. முறிவு சீரற்றது. பிளவு தெளிவானது, நொறுங்கும் தன்மையுடையது. இதன் கடினத்தன்மை எண் 6-6.5; அடர்த்தி எண் 3.5. இது ஒளி ஊடுருவாத் தன்மையும், சிறிதளவு ஒளி ஊடுருவும் தன்மையும் பெற்றுள்ளது.

வகை. அக்மைட் ஏஜிரினின் ஒரு வகையாகும். இது குறுகலான படிகமாகக் கிடைப்பதால் ஏஜரினிலிருந்து வேறுபடுத்தப்படுகிறது. இதனுடன் டைட்டேனியம், அலுமினியம் போன்றவையும் காணப்படுகின்றன.

படிவு. நெஃப்லின் சயனைட், பெக்மட்டைட் முதலியவற்றை உட்கூறாகக் கொண்ட கார அனற் பாறைகளில் ஏஜிரின் காணப்படுகிறது. மேலும் இது நெஃப்லின் மைக்ரோகிளைன், கார ஆம்பிபோல் போன்றவற்றுடனும் சேர்ந்து காணப்படுகிறது.

கிடைக்குமிடம். நெஃப்லின், ஃபெல்ஸ்பார் முதலியவற்றுடன் ஏஜிரின் படிகங்கள் யூரல் மலைத்தொடரிலுள்ள செர்ரி மலையிலிருந்து மிகுதியான அளவில் கிடைக்கின்றன. கீபினி மலைகளில் உள்ள காரப் பாறைகளிலும் இப்படிவுகள் காணப்படுகின்றன.

- இரா. சரசவாணி

ஐ

ஐ-ஐ

மடகாஸ்கர் தீவில் காணப்படும் ஐ-ஐ (Aye-Aye, *Daubentonia madagascuriensis*) என்னும் விலங்கு, பாலூட்டி இனத்தைச் சேர்ந்த விநோதமான லெமூர் ஆகும். ஐ-ஐ க்கள், பாலூட்டிகள் வகுப்பில், முதன்மைப் பாலூட்டிகளின் வரிசையான பிரைமேட்டுகளில் டாபெண்ட்டோனிடே குடும்பத்தில் வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஐ-ஐ மடகாஸ்கரின் வட மேற்கு, கிழக்குப்பகுதிகளிலுள்ள காடுகளிலும், மூங்கில் புதர்களிலும் தனியாகவோ, இணையுடனோ வாழ்கிறது. இரவில் நடமாடிப் பகலில் மரப்பொந்துகளிலும் மூங்கில் புதர்களிலும் தூங்கி ஓய்வெடுக்கிறது.

ஐ-ஐ, அணிலைப் போன்ற தோற்றமுடையது. வட்டமான பெரிய கண்களும் செங்குத்தான பெரிய காதுமடல்களும் உள்ளன. மெலிந்த உடலில் அடர்த்தியான மயிர்களுடைய வால் உள்ளது. உடல் கரும்பழுப்புநிற அல்லது கருநிற மயிரால் மூடப்பட்டுள்ளது. முகத்திலும் தொண்டைப் பகுதியிலும் உள்ள மயிர் வெளிர் மஞ்சள் நிறம் உடையது. இவ்விலங்கின் கால் விரல்கள் நீள மானவை; குறிப்பாக முன்கால்களின் நடுவிரல்கள் மிக நீளமானவை. பெருவிரல்கள் ஏனைய விரல் களுக்கு எதிர்ப்புறமாக அமைந்துள்ளன. பெருவிரல் நகங்கள் தட்டையானவை: மற்ற விரல்களில் கூர்மை யான நகங்கள் காணப்படுகின்றன. பற்கள், கொறிக்கும் விலங்குகளின் பற்களைப் போலக் கூர்மையானவை; $\frac{1\text{-}0\text{-}1\text{-}3}{1\text{-}0\text{-}1\text{-}3}$ என்ற பல் வரிசை அமைப்புடையது.

இருட்டிய பின்னர் இவ்விலங்குகள் ஓய்விடத்தை விட்டு வெளியில் வந்து உணவு தேடுகின்றன. முன் கால்களின் நீண்ட நடுவிரல்கள் மயிரைக் கோதிக்கொள்வதற்கும் உணவைப் பற்றுவதற்கும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இந்த விரலால் இது மரக்கிளைகளை மெதுவாகத் தட்டுகிறது; அவ்வாறு தட்டும்போது காதுகளைக் கிளையோடு ஒட்டிய வாறு வைத்துக்கொண்டு கிளையின் உட்புறம் பூச்சி அல்லது வண்டுகளின் இளவுயிரிகளால் உண்டாக்கப் பட்ட உட்புழைகள் உள்ளதை ஒலியின் மூலம் அறிகிறது. தட்டும்போது வேறுபட்ட ஒலியைக் கொண்டு பூச்சி இளவுயிரிகள் இருப்பதைக் கண்டு கொண்ட பின்பு அதன் கூர்மையான பற்களின் உதவியால் மரப்பட்டையைத் துளைத்து முன்காலின் நடுவிரலால் துழாவிப் பூச்சியைப் பிடித்து உண்ணும். வண்டுகளின் இளவுயிரிகளும் மூங்கில் கூழும் இதன் முக்கிய உணவு என்றாலும் மாங்காய், தேங்காய், ஈச்சம்பழம், கரும்பு, வாழைப்பழம் ஆகியவற்றையும் உண்கிறது. பற்களின் உதவியால் மூங்கில் கழிகளைக் கடித்து நடுவிலுள்ள சோற்றுத்திசுவை நடுவிரலால் சுரண்டித் தின்னும். நடுவிரல் நீர் அருந்துவதற்கும் பயன்படுகிறது.

இடையூறு நேரும்போது இவ்விலங்கு கைகளை வீசி அறைந்து எதிரிகளைத் தாக்குகிறது. இரண்டு ஐ-ஐ ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பு கொள்ளும்போது உலோகத் தகடுகளை உராய்வது போன்று ஒலி யெழுப்பும். இதன் இனச்சேர்க்கை, கருவளர் காலம், குடும்ப வாழ்க்கையில் ஆண் விலங்கின் பங்கு போன்ற வை பற்றிய விவரங்கள் புலனாகவில்லை. பெண் ஐ-ஐ காய்ந்த இலைகள், குச்சிகளைக் கொண்டு மரப் பொந்து அல்லது கிளைகளுக்கிடையிலுள்ள கவையில் 60செ.மீ. அளவுள்ள ஒரு வட்டமான கூடு கட்டுகிறது. பிப்ரவரி அல்லது மார்ச் மாதத்தில் ஒரு குட்டியை மட்டும் ஈனுகிறது.

மடகாஸ்கர் தீவில் ஐ-ஐ எண்ணிக்கை மிகக் குறைந்து இந்த இனமே அழிவுறும் நிலையிலுள்ளது. ஜே.ஜே. பெட்டர் என்பார் உலகவனவிலங்கு நிதியமைப்பு அனைத்துலகஇயற்கை-இயற்கைவளப் பாதுகாப்பு ஒன்றியம் ஆகிய அமைப்புகளின் துணை

ஐ-ஐ

யுடன் இவ்வரிய விலங்கினத்தைக் காக்கும் முயற்சியைமேற்கொண்டார்.

அவர் பரிந்துரைக்கு ஏற்ப 9 ஐ-ஐ க்கள் 1966 ஆம் ஆண்டு மடகாஸ்கரிலிருந்து அருகிலுள்ள நோஸி மங்காபே தீவில் விடப்பட்டுப் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. ஐ-ஐ க்களின் இனப்பெருக்க அளவு குறைவாக இருப்பதால் போதுமான எண்ணிக்கையை உண்டாக்கச்சில காலமாகலாம்.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஐக்ய-செகி வால் விண்மீன்

ஐக்ய கௌரு, செகிஸோடாமு (Seki Tsutomu) என்ற இரு ஜப்பானிய விண்வெளி ஆய்வாளர்கள், 1965 ஆம் ஆண்டு ஒரு வால் விண்மீனைக் கண்டு பிடித்த தால், இதற்கு ஐக்ய-செகி விண்மீன் எனப் பெயரிடப் பட்டது. சூரியனை உராய்ந்து கொண்டு செல்லும் சில வால் விண்மீன்கள், 1882 II என்ற பெரிய வால் விண்மீன், போன்றவற்றின் பண்புகளைக் கொண்டி ருந்தமையாலும் அவற்றின் போக்காலும், அவை சூரியனுக்கு அண்மையில் வரும்போது சூரியனை இடிக்கக் கூடுமோ என ஆய்வாளர்கள் மிகுந்த ஐய மும் அச்சமும் கொண்டனர். ஆனால் 1965இல். 470,000கிலோ மீட்டர் தொலைவில் (இது சூரியனின் ஆர அளவை விடக் குறைவாகும்) சூரியனுக்கு அண்மையில் சென்று துணுக்குகளாகச் சிதறியது. 1882க்குப் பின்னர், இத்தகைய சூழ்நிலையில் அமைந்த வால்விண்மீன்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்ள, விண்வெளி ஆய்வாளர்களுக்கு ஐக்ய-செகி விண்மீன் ஒரு வாய்ப்பு அளித்தது.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஐகன் மதிப்பு (கணிதம்)

வீழல் வடிவக் கணிதத்தில் (projective geometry) ஒரு புள்ளியின் ஆய வெக்டர் X ஆகவும், அப்புள்ளி மற்றொரு புள்ளியாக மாறும்போது அதன் வெக்டர் X′ ஆகவும் குறிக்கப்படும். $X' = AX$ என்ற இணைப் பில் X என்ற புள்ளி X′ என்ற புள்ளியாக மாறுகிறது. மேலும் λ ஒரு திசையிலியானால் X என்ற வெக்ட ரும் λX என்ற வெக்டரும் ஒரு புள்ளியையே குறிக் கும். A என்ற அணி புள்ளிகளை மாற்றும்போது, சில புள்ளிகள் மாறாமலிருக்கலாம். இவை சிறப்பான புள்ளிகள் எனப்படும். இவற்றின் வெக்டர்கள் சிறப்பியல்பு அல்லது சிறப்பு அல்லது ஐகன் வெக்டர்கள் (characteristic or latent or eigen vectors) என்று குறிப்பிடப்படும். ஐகன்என்ற ஜெர்மன் சொல் தனித்தன்மை உடைய அல்லது சிறப்பியல்பு உடைய எனப் பொருள்படும். இவ்வெக்டர்களுக்கான சமன் பாடு,

$$AX = \lambda X \text{ ஆகும்.}$$

$$(\text{அல்லது})\ AX = I\lambda X$$

$$(\text{அல்லது})\ AX - I\lambda X = O$$

$$(\text{அல்லது})\ (A - I\lambda)X = O$$

$X \neq O$ ஆகையால் $A - I\lambda = O$ஆகும்.

$|A - I\lambda|$ என்பது λ என்னும் திசையிலியில் n படித்தான ஒரு பல்லுறுப்புக் கோவையாதலால் $|A - I\lambda| = O$ என்ற சமன்பாட்டுக்கு n தீர்வு கள் உண்டு. $|A - I\lambda| =$ என்பதின் சிறப்பியல்புச் சமன்பாடு (characteristic equation) எனப்படும். இதன் தீர்வுகள் சிறப்பியல்புத் தீர்வுகள் அல்லது மூலங்கள் அல்லது ஐகன் மதிப்புகள் ஆகும்.

மேலும் அணி A = மூலைவரை $(\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_n)$ என்றால்,

A இன் ஐகன் மதிப்புகள் இம்மூலைவரை உறுப்புகளேயாகும். ஓர் அணியின் வெவ்வேறான ஐகன் மதிப்புகளைச் சார்ந்த ஐகன் வெக்டர்கள் ஒரு படிச் சாராதிருக்கும்; மற்றும் ஓர் ஐகன் வெக்ட ரைச் சார்ந்து இரு வெவ்வேறு ஐகன் மதிப்புகளிரா; ஆனால் ஓர் ஐகன் மதிப்பைச் சார்ந்து வெவ்வேறு ஐகன் வெக்டர்களிருக்கலாம். ஒரு சதுர அணியின் அளவை r ஆனால் அதன் (n-r) ஐகன் மதிப்புகள் பூஜ்ஜியமாகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஐகன் மதிப்பு (குவாண்டம் விசையியல்)

பருப்பொருள் அலைகளுக்கான (matter waves) காலத்தைச் சாராத ஷ்ராடிஞ்சர் சமன்பாடு பின் வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E-V)\Psi = O$$

Ψ, m, E, V ,h என்பன முறையே அலைச் சார் பையும் (wave function), துகளின் ஓய்வு நிறையை யும் (rest mass of the particle), மொத்த ஆற்றலை யும், நிலை ஆற்றலையும், பிளாங்க் மாறிலியையும் குறிக்கின்றன.

ஷ்ராடிஞ்சர் சமன்பாடு நேர்கோட்டுப் பண்புள்ள பகுதி வகைகெழுச் சமன்பாடாதலால் (linear partial differential equation) எண்ணற்ற தீர்வுகளை ஏற்றுக்கொள்ளும். ஆனால் அனைத்துத் தீர்வுகளும் Ψ மீது புகுத்தப்பட்ட நிபந்தனைகளை நிறைவு செய்யவில்லை என்றால் இயற்பியல் வழியில் அவற்றை அறிய இயலாது. எனவே, இயற்பியல் தன்மை வாய்ந்த ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட தீர்வுகள் தனித்தனியாகக் குறிப்பிட்ட E-இன் மதிப்புகளுக்கு மட்டுமே அமையும். பின்னர் E இன் மதிப்புகள் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு தொகுப்பைப் பெற்று ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட ஆற்றல் மதிப்புகளாகும்.

சிறப்பியல்பு உடைய E-இன் இந்த மதிப்புகள், ஒரு தொகுப்பின் ஐகன் மதிப்புகள் (Eigen values)

எனப்படுகின்றன. Ψ-இன் ஒத்த மதிப்புகள், அத் தொகுப்பின் ஐகன் சார்புகள் என்றும் குறிப்பிடப் படுகின்றன.

ஐகன் சார்பு, ஐகன் மதிப்பு. $y = \sin 3x$ என்ற சார்பைக் காணலாம். $\frac{d}{dx}$ என்ற செயலி (operator) எடுத்துக் கொண்ட சார்பின் மீது இருமுறை செயல் புரிவதாகக் கொள்ளலாம்.

$$\frac{dy}{dx} = 3 \cos 3x$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -9 \text{ Sin } 3x = -9y$$

$\frac{d^2}{dx^2}$ என்பது ஒரு செயலி, y என்பது செயற்படுத்தப் பட்ட சார்பு ஆகும்.

ஒரு சிறப்பு மிக்க சார்பின் மீது ஒரு செயலி செயலாற்றிய பின் முடிவில் புதியதொரு சார்பு கிடைக்கும். பழைய சார்பின் மதிப்பு, ஒரு மாறிலி ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனாக இந்தச் சார்பு அமையும். அவ்வாறு இருப்பின், அந்த மாறிலி ஓர் ஐகன் மதிப்பாகும். மேலும் ஐகன் மதிப்பு தனி மதிப்புடையதாகவும் தொடர்ச்சியானதாகவும், முடி வுள்ளதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

y என்பது செயலியின் ஐகன் சார்பாகும். $\frac{d^2y}{dx^2} = -9x$ என்பது ஐகன் மதிப்புச் சமன் பாடாகும். எனவே, ஒரு செயலி ஒரு சார்பின் மீது செயற்படும்போது ஒரு மாறிலியால் பெருக்கப்பட்ட அதே சார்பை மீண்டும் பெறலாம் என ஐகன் மதிப்புச் சமன்பாட்டிலிருந்து தெரிய வருகிறது.

உந்தத்தின் x ஆயக் கூறுக்கான ஐகன் சமன் பாட்டைப் பின்வருமாறு எழுதலாம் $\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial x} = P_x\Psi$

இங்கு $\frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x}$ என்பது x ஆயக் கூற்றுக்கான உந்தத் தின் செயலியாகும். P_x என்பது இச்செயலியின் ஐகன் மதிப்பாகும்.

இதேபோன்று x திசையில் இயங்கும் துகளின் இயக்க ஆற்றலுக்கான ஐகன் சமன்பாடு

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} = \frac{P^2_x}{2m} \Psi$$

இதில் $\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2}$ என்பது செயலியாகும். இச் செயலியின் ஐகன் மதிப்பு $\frac{P^2_x}{2m}$ ஆகும். x திசையில் இயங்கும் துகளின் மொத்த ஆற்றலுக்கான ஐகன் சமன்பாடு

$$\left[\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + V\right] \Psi = E\Psi$$

இதில் $\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V$ என்பது மொத்த ஆற்ற லுக்கான செயலி ஆகும். E என்பது இச்செயலியின் ஐகன் மதிப்பு ஆகும். இச்செயலி H_x என்ற ஒற்றைப் பரிமாண ஹேமில்டோனியன் செயலி (one dimensi onal Hamiltonian operator) எனப்படும்.

$$\hat{H}_x = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V$$

முப்பரிமாணத்தில் இச்செயலியை

$$H = \frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V$$

எனக் குறிப்பிடலாம். இங்கு

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

ஹேமில்டோனியன் செயலியின் முக்கியத்துவம். ஓர் இயங்கும் துகளுடன் தொடர்புள்ள அலைச் சார்பை u (x, y, z) எனக் கொண்டால் காலத்தைச் சார்ந்த முப்பரிமாண ஷ்ராடிஞ்சர் சமன்பாடு,

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 u + Vu = Eu$$ ஆகும்.

$$\left(\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V\right) u = Eu$$

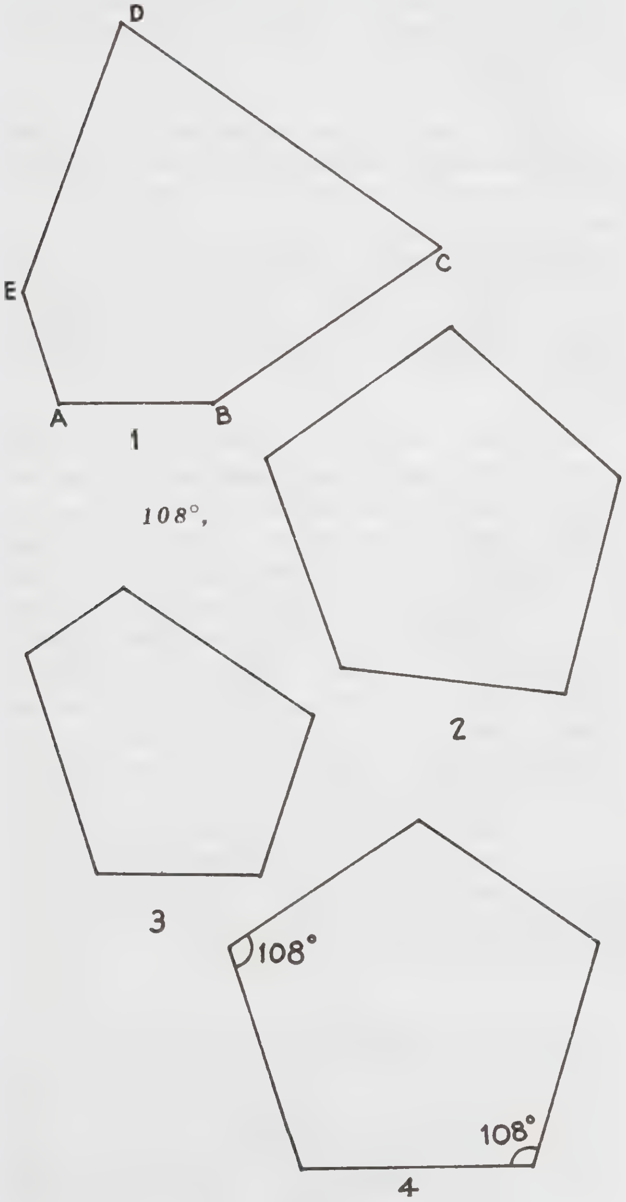
$$Hu = Eu$$

இடப் பக்கத்திலுள்ள செயலி ஹேமில்டோனியன் செயலியாகும். இது அலைச் சார்பு u (x, y, z) மீது செயல் புரிகிறது. வலப்பக்கத்தில் Eu என்பது மொத்த ஆற்றல் E ,அலைச் சார்பு u ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனாகும். ஹேமில்டோனியன் செயலி அலைச் சார்பு மீது செயல் புரிய மொத்த ஆற்றல் E ஆல் பெருக்கப்பட்ட அதே அலைச் சார்பு கிடைக் கிறது. எனவே காலச் சார்பற்ற ஷ்ராடிஞ்சர் சமன் பாட்டின் தீர்வுகள் ஹேமில்டோனியன் செயலியின் அலைச் சார்புகள் ஆகும். செயலியின் ஐகன் மதிப் புகள் E,ஒரு குவாண்டம் விசையியலின் அமைப்பைப் பெற்றிருக்கின்ற மொத்த ஆற்றலின் முடியும் மதிப் புகள் மட்டுமேயாகும்.

- தேவ. ஜெயராமன்

ஐங்கோணம்

ஒன்றுக்கொன்று வெட்டிக்கொள்ளாதவாறு ஐந்து கோடுகளால் உருவாக்கப்படும் ஒருபலகோணம் ஐங்கோணம் (pentagon) எனப்படும். இதில் அனைத்துப் பக்கங்களும் சமமாக இருக்குமானால் அது சமபக்க ஐங்கோணம் எனவும் ஐந்து கோணங்களும் சமமானால் சமகோண ஐங்கோணம் (equiangular pentagon) என்றும் குறிப்பிடப்படும். முக்கோணம் தவிர, பிற பலகோணங்களைப்போல் ஐங்கோணமும், சமபக்க



படம் 1. ஐங்கோணம்

2. ''சமபக்க ஐங்கோணம் 3. ''சமகோண ஐங்கோணம் 4. ஒழுங்கு ஐங்கோணம்

மாக இல்லாமல் சமகோண ஐங்கோணமாகவும் சம கோணமாக இல்லாமல் சமபக்க ஐங்கோணமாகவும் அமையும். சமபக்கமுடையதாகவும், சமகோணமுடையதாகவும் உள்ள ஐங்கோணம் ஒழுங்கான அல்லது முறையான ஐங்கோணம் எனப்படும். ஒழுங்கு ஐங்கோணத்தின் கோணம் 180° ஆகும். ஐங்கோணத்தின் உச்சிப்புள்ளிகளைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு ஒரு வட்டம் வரைய முடியும். இந்தச் சுற்று வட்டத்திற்கு ஐங்கோணம் தொடும் புள்ளிகளில் தொடு கோடுகள் (tangents) வரைந்தால் அவை ஒரு புதிய ஐங்கோணத்தை உருவாக்கும்.

- பெ. வடிவேல்

ஐசாப்டிரா

காண்க:- சம இறக்கைப் பூச்சி.

ஐசிங் படிவம்

இரும்பு, நிக்கல் போன்ற உலோகங்கள் அணுக்களின் தற்சுழற்சியில் (spins) ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி ஒரே திசையில் முனைவாக்கம் பெறுகின்றன. இதனால் வலிமையான காந்தப்புலம் உருவாகிறது. இந்தநிகழ்வு ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் உரிய குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலைக்குக் கீழே நடைபெறும். இந்த மாறுநிலை வெப்பநிலை கியூரி வெப்பநிலை (curie temperature) எனப்படும். கியூரி வெப்பநிலைக்கு உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளில் தற்சுழற்சிகள் தன்னிச்சையாகப் பல் திசைகளிலும் பரவியிருக்கும்; அதனால், அவற்றின் நிகர காந்தப்புலம் சுழியாகும். மேலும், கியூரி வெப்ப நிலையை எந்தப் பக்கத்திலிருந்து அணுகினாலும் உலோகத்தின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (specific heat capacity) வரம்பிலியையெட்ட முனையும். இவ்வாறான ஃபெர்ரோ (இரும்பு) காந்தமற்ற சாதாரண நிலையிலிருந்து ஃபெர்ரோ காந்த நிலைக்கு மாறுவது எஃரென்பெஸ்ட் நிலைமாற்ற வகைப்படுத்தலுக்குள்ளடங்காத நிலைமாற்ற வகையாகும். இவ்வாறான நிலைமாற்றங்களை ஆராய்வதற் கேற்ப ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் (அல்லது அவை யொத்த அமைப்புகளின்) இயற்பியல் கட்டமைப்பை உருவாக்க முனையும் முயற்சியில் உண்டானதே ஐசிங் படிவம் அல்லது ஐசிங் மாதிரி (Ising model) ஆகும்.

ஐசிங் மாதிரி ஒருn-பரிமாண ($n=1,2,3$) காலக்கெடு அணிக்கோவை ஆகும். அணிக்கோவையின் வடிவியில் கட்டமைப்பு ஒரு கனசதுரம் அல்லது

அறுகோணம் போன்றிருக்கலாம். ஒவ்வொரு அணிக் கோவைப் புள்ளியிலும் ஒரு தற்சுழற்சி இருப்ப தாகக் கொள்ளலாம். அணிக்கோவையாக அமைந்த தற்சுழற்சிகள் பின்காணும் சிறப்புப்பண்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு தற்சுழற்சியும் தனித்தனியே + 1 அல்லது - 1 எனும் மதிப்புகளைப் பெறும். நெருக்கத்திலிருக்கும் தற்சுழற்சிகள் மட்டும் செயலெதிர்ச் செயலுக்கு (interaction) உட்படும்.

1925 ஆம் ஆண்டில் எர்ன்ஸ்ட் ஐசிங் என்பார் இருபரிமாண ஐசிங் படிவத்தை முன்னுரைத்தார். இதைக் கொண்டு பல நுட்பமான கணக்கீடுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. நிலைமாற்றங்கள் கூட்டுறவு நிகழ்ச்சிகள் பற்றிய புதுக் கொள்கைகளுக்கு இந்த முறை அடிப்படையாக அமைகின்றது.

1936 ஆம் ஆண்டில் பியர்ல்ஸ் என்பார் இரு பரிமாண ஐசிங் படிவத்திற்கு ஒரு நிலைமாற்றம் உள்ளது என்று காட்டினார். இந்த நிலைமாற்றம் ஏற்படுமாறு வெப்பநிலை அல்லது கியூரி வெப்ப நிலையைக் கிராமெர்ஸ், வானியர், மான்ட்ரல் என்போர் 1941 ஆம் ஆண்டில் கணக்கிட்டனர். 1944 ஆம் ஆண்டில் லார்ஸ் ஆன்சேகர் வெப்பநிலை T என்பது மாறுவெப்பநிலை T_c க்கு அண்மையில் இருக்கும்போது வெப்ப ஏற்புத் திறன் $-\log\left[1-\frac{T}{T_c}\right]$ எனும் சார்பை ஒட்டி விரிகின்றது எனவும் காட்டினார். குறுகிய நெடுக்க வரிசையைக் (short range order) காஃப்மன், ஆன்சேகர் ஆகியோர் கணித்தனர். யாங் என்பார் தன்னிச்சைக் காந்த மாக்கத்தை (spontaneous magnetisation) அளவிட்டார். தொடர்ந்த பல்வேறு பண்புகள் கணக்கிடப் பெற்றன. 1974 ஆம் ஆண்டிலிருந்து ஒப்பியல் குவாண்டம் புலக் கொள்கைக்கும் இதற்கும் உள்ள தொடர்புகள் உருவாக்கப் பெற்றன.

கூட்டுறவு நிகழ்வு. பெருங்கூறாயுள்ள பொருள்களின் பகுதிகள் மிகப் பலவான அணுக்களின் தொகுதியாகும். ஒரு கூறில் அவோகாட்ரோ எண் ($\approx 6 \times 10^{23}$) எனுமளவில் அணுக்கள் இருக்கும். வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் யாவும் இந்த மிகப் பலவான அணுக்களின் கூட்டுறவைப் பொறுத்திருக்கும். அணுக்களிடையேஅடிப்படையான செயலெதிர்ச் செயலானது குறுகிய நெடுக்கத்திலிருந்தாலும் மிகப் பல அணுக்களின் கூட்டாகப் பொருள் இருப்பதால் தகுந்த நிலைகளில் ஒன்றுக்கொன்று தொலைவில் பிரிந்து உள்ள அணுக்களிடையிலும் செயலெதிர்ச் செயல் ஏற்படுத்தும். இத்தகு நெடுந்தூரச் செயலெதிர்ச் செயல்களின் விளைவால் ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகள் கூட்டுறவு நிகழ்ச்சிகள் (co-operative phenomena) எனப்படும். கூட்டுறவு நிகழ்ச்சிகளுக்கான எளிய எடுத்துக்காட்டாக நிலைமாற்றத்தைக் (phase tansition) கூறலாம். நிலைமாற்றங்களில் மிகவும் தெளிந்த ஒன்று நீராவி நீராக மாறுவது அல்லது நீர் பனிக்கட்டியாக உறைவது ஆகும். ஃபெர்ரோ காந்த நிலைமாற்றமும் கூட்டுறவு நிகழ்ச்சியே. முன்பு கூறியது போல ஃபெர்ரோ காந்த நிலைமாற்றம் கியூரி வெப்ப நிலையில் (இரும்புக்கு ஏறத்தாழ 1043-K) ஏற்படும்.

நிலைமாற்றத்தைத் தெளிவாகக் குறித்துக் காட்டக்கூடிய பல்வேறு படிவங்களில் ஐசிங் படிவம் நன்கறியப் பெற்றதாகும். முப்பரிமாணத்தில் ஐசிங் படிவம் மிகுந்த சிக்கலானது; அதனால் எவ்விதக் கணிப்பும் இதுகாறும் செய்யப்படவில்லை. ஒரு பரிமாணத்தில் ஐசிங் படிவம் நிலைமாற்றத்திற்கு ஆளாவதில்லை.

இரு பரிமாணத்தில் ஐசிங்படிவமானது ஃபெர்ரோ காந்த நிலைமாற்றத்தைப் பெற்றிருப்ப தோடன்றிச்சரியாகக் கணிக்கப்படக் கூடிய பல இயற்பியல் பண்புகளையும் பெற்றுள்ளது. பரிமாணத்தைப் பொறுத்த வரை தடைவரம்புகள் இருந்தாலும் இரு பரிமாண ஐசிங் படிவம் கியூரி வெப்பநிலைக்கு அண்மையில் காந்த அமைப்புகளுக்கே உரித்தான நிகழ்வுகளையெல்லாம் தெளிவாகக் குறித்துக்காட்டுகிறது.

படிவத்தின் வரையறை. α, α' எனும் இரண்டு அணுக்க அண்டைத் தற்சுழற்சிகளின் (nearest neighbour spins) தற்சுழற்சிகள் $S\alpha, S\alpha'$ ஆனால் ஒன்றுக்கொன்றான அவற்றின் செயலெதிர்ச்செயல் ஆற்றலை $-E(\alpha,\alpha').S\alpha S\alpha'$ என எழுதலாம். $S\alpha, S\alpha'$ ஆகிய இரண்டும் +1 என்றோ —1 என்றோ இருக்குமானால் செயலெதிர்ச் செயல் ஆற்றல் $-E(\alpha,\alpha')$ என்றிருக்கும்: $S\alpha = +1$, $S\alpha' = -1$ அல்லது, $S\alpha = -1$, $S\alpha' = +1$ என இருக்குமானால் ஆற்றல் $+E(\alpha,\alpha')$ ஆகும். மேலும் ஒரு தற்சுழற்சி புறக் காந்தப்புலம் (H) ஒன்றுடன்-$HS\alpha$ எனும் ஆற்றலுடன் செயலெதிர்ச் செயல் கொள்ளலாம். எனவே, மேலே கூறிய இருவகைச் செயலெதிர்ச்செயல்களாலும் அணிக்கோவை ஆற்றல் அமையும். எனவே ஒரு சதுர அணிக்கோவையின் மொத்தமான செயலெதிர்ச்செயல் ஆற்றலை மேற்காணும் இருவகை ஆற்றல்களின் கூடுதலாகப் பின்வருமாறு எழுதலாம்,

$$E = -\sum_j \sum_k \Big[E_1(j,k)\, S_{jk} S_{j,k+1} + E_2(j,k) S_{j,k} S_{j+1,k} + H S_{j,k}\Big] \rightarrow 1$$

இதில் j என்பது அணிக்கோவையின் வரிசையையும் (row) k என்பது பத்தியையும் (column) குறிக்கும். இந்த வடிவத்தில் எழுதும்போதும், செயலெதிர்ச் செயல்கள் $E_1(j,k)$, $E_2(j,k)$ ஆகியவை அணிக் கோவை முழுதும் தன்னிச்சையாக மாறலாம் எனக்கொள்ளப்பெறும். E_1, E_2 ஆகியவை j,kயைச்

சார்ந்திராத நிலையாகிய பெயர்வு மாறா நிலை என்பது இதில் ஒரு முக்கியமான நிலையாகும். இதுதான் மாசற்ற, தூய ஃபெர்ரோ காந்தத்தை ஆராய்வதற்குத் தேவையான படிவமாகும்.

ஐசிங் படிவத்தைப் பொதுமைப் படுத்தியும் காணலாம். காட்டாக, Sக்கு ± 1 மதிப்புகளை மட்டுமன்றிப் பல்வேறு மதிப்புகளைத் தருதல் ஒரு பொதுமைப்படுத்துதலாகும்; அவ்வாறே, நெருக்க அண்டைகளுக்கு மட்டுமேயன்றி மற்ற தற்சுழற்சிகளுக்குகிடையேயுள்ளசெயலெதிர்ச்செயலையும் பயன்படுத்தலாம். இத்தகு பொதுமைப்படுத்துதல்களுக்கு இரண்டு அல்லது மூன்று பரிமாணங்களில் திட்டவட்டமான கணக்கீடுகள் செய்யப்படவில்லை. எனினும், தோராயமான பல்வேறு கணக்கீடுகள் இப்படிவங்களின் நிலைமாற்றப் பண்புகள் ஆன்சேகர் அணிக்கோவையின் பண்புகளாகவே உள்ளதை உணர்த்துகின்றன. இது இப்படிவத்தின் பயனைச் சுட்டுகின்றது.

$E_1(j,k)$, $E_2(j,k)$ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பில்லாத தன்னிச்சையான மாறிகள் எனக் கொள்ளும் நிலை ஃபெர்ரோ காந்தங்களில் மாசுகள் படுத்தும் விளைவுகளை ஆராயப் பயன்படும். இந்த வகையில் 1968 ஆம் ஆண்டில் பாரி மெக்காய் (Barry Mccoy), டாய் சுன் வீ (Tai Tsun Wee) ஆகியோர் முயற்சிகள் செய்துள்ளனர்.

வெப்ப இயக்கவியல் பண்பு. அடிப்படை மாறிகளைத் தகுந்தவாறு தேர்வு செய்து கொள்வதன் மூலம் மேற்காணும் ஐசிங் படிவ வரையறுத்தலை எளிமைப் படுத்தலாம். அடிப்படை மாறிகள் $S_{j,k}$ எனும் எண்களேயென்றும் இவற்றின் மதிப்பு $+1$, அல்லது -1 ஆகத்தான் இருக்கும் என்றும் கொள்ளலாம். இவ்வாறு தேர்வு செய்து கொள்வதால் செயலெதிர்ச்செயல் ஆற்றலுக்கான கோவையில் இயக்க ஆற்றலையோ கோண உந்தத்தையோ குறிக்கும் உறுப்புகளில் எதுவுமிருக்காது. எனவே, $S_{j,k}$ என்பது காலத்தால் மாறாதது. மேலும் அமைப்பின் ஆய்வுகள், அமைப்பின் ஆற்றல் மட்டப் பகிர்வை மட்டும் பொறுத்திருக்கும் இயற்பியல் பண்புகளை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். ஆற்றல் மட்டங்களின் எண்ணிக்கை பெரியதாக இருக்குமானால் புள்ளியியல் விசையியலைப் (statistical mechanics) பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கும்.

நுண்ணளவு (microscopic) செயலெதிர்ச்செயல் ஆற்றல் E இலிருந்து சராசரிப் பேரளவுப் (macroscopic) பண்புகளைக் கணக்கிடப் புள்ளியியல் விசையியல் பயன்படும். அமைப்பின் தற்சுழற்சிகளில் (s) ஏதாவது ஒரு பண்பு Aஆனால் அதன் வெப்ப இயக்கவியல் சராசரியை

$$\langle A \rangle = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{Z} \sum_{(s)} A\, e^{-\frac{E(s)}{KT}} \rightarrow \qquad (2)$$

என்று எழுதலாம். இங்கே, N என்பது வரிசைகள் மற்றும் பத்திகளின் எண்ணிக்கையையும், K என்பது போல்ட்ஸ்மன் மாறிலியையும், T என்பது வெப்பநிலையையும் குறிக்கும்; Z என்பதைப் பின்வரும் சமன்பாடு தரும்.

$$Z = \sum e^{-\frac{E(s)}{KT}} \qquad (3)$$

இதில், $S_{jk} = \pm 1$ என்பதின் எல்லா மதிப்புகளையும் எடுத்துக்கொண்டு கூட்ட வேண்டும்.

ஃபெர்ரோ காந்தத்தின் மிக முக்கியமான வெப்ப இயக்கவியல் பண்புகள்:

ஒவ்வொரு இருப்பிடத்திற்குமான உள்ளாற்றல்

$$(u) = \left\langle \frac{E}{N_2} \right\rangle$$

வெப்ப ஏற்புத் திறன் $(C) = \frac{\partial u}{\partial T}$

காந்த மாக்கம்/இருப்பிடம் $(M) = \langle s \rangle$

காந்த ஏற்புத்திறன் $(\chi) = \frac{\partial M}{\partial H}$

$E_1 \neq E_2$ எனவுள்ள ஐசிங் இருபரிமாணப் படிவத்திற்கான இந்த அளவுகள்யாவும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன. ஆனால், இங்கே $E_1 = E_2 = E$ என அமைந்ததற்கான காரணம் பின்வருமாறு:

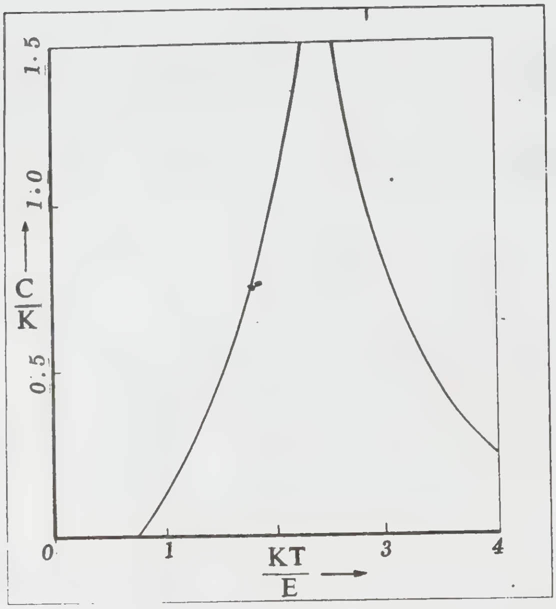
இரு பரிமாணச் சதுர அணிக்கோவையை $H = O$ மதிப்பில் ஆராய்ந்து வெப்ப ஏற்புத் திறனை ஆன்சேகர் என்பார் கணக்கிட்டார். கிராம்ர்ஸ், வாணியரின் மாறுநிலை வெப்பநிலையைக் கீழ்வரும் சமன்பாடு தரும்.

$$\sinh \frac{2E}{KT} = 1 \qquad (4)$$

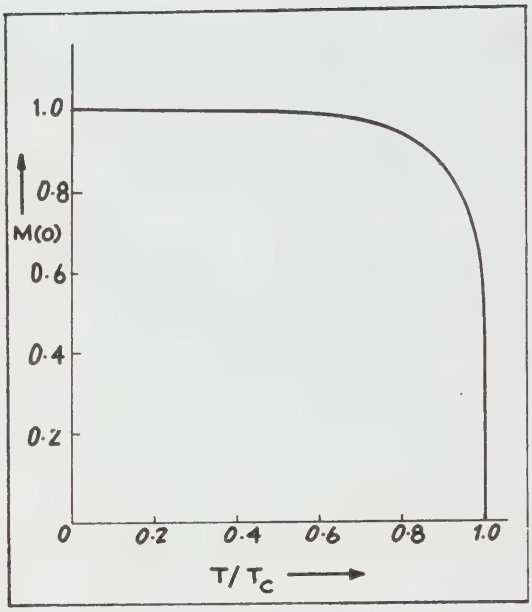
இந்த மாறுநிலை வெப்பநிலையில் வெப்ப ஏற்புத் திறன் வரம்பிலி என அவரது கணக்கீடுகள் காட்டின. T என்பது மாறுநிலை வெப்பநிலை Tc க்கு அண்மையில் இருக்கும்போது உள்ள வெப்ப ஏற்புத் திறனின் மதிப்பைச் சமன்பாடு (5) தரும்

$$C \approx -\frac{8E^2}{K\,Tc^2\pi} \ln\left[1 - \frac{T}{Tc}\right] \qquad (5)$$

எந்தவொரு வெப்பநிலையிலும் வெப்ப ஏற்புத் திறனின் மதிப்பு எவ்வாறு இருக்கும் என்பதைக் (படம் 1) காட்டுகின்றது.



படம் 1. ஆன்சேகர் அணிக்கோவையின் $\frac{E_2}{E_1} = 1$ க்கான வெப்ப ஏற்புத்திறன்



படம் 2. $\frac{E_2}{E_1} = 1$க்கு ஆன்சேகர் அணிக்கோவையில் தன்னிச்சையானகாந்த மாக்கம்.

தன்னிச்சையாகக் காந்தமாக்கம்

$$M(0) = \lim_{H \to 0} M(H)$$

என வரையறுக்கப்படும்

$$T > T_c, \text{ ஆனால், } M(0) = 0$$

$T < T_c$ க்கு M (0) என்பது சமன்பாடு (6) ஆல் கொடுக்கப்படுமென யாங் கண்டார்.

$$M(0) = \left[1 - \left(\sinh \frac{2E}{KT}\right)^{-4} \right]^{\frac{1}{8}} \quad \ldots\ldots (6)$$

T என்பது Tc க்கு அண்மையில் இருக்கும்போது M (0) இன் தோராய மதிப்புச் சமன்பாடு (7) ஆல் பெறப்படும்.

$$M(0) \approx \left[\frac{8\sqrt{2}}{KT_c} \left(1 - \frac{T}{T_c}\right) \right]^{\frac{1}{8}} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

T இன் மதிப்பை யொட்டி M (0) எவ்வாறு மாறுபடுகின்றது படம் (2) காட்டுகின்றது.

H = 0 இன் போது காந்த ஏற்புத்திறன் χ ஐக் கணிப்பது வெப்ப ஏற்புத்திறனையும் தன்னிச்சைக் காந்தமாக்கக் கணிப்பையும் விடக் கடினமாகும். வெப்பநிலை நெடுக்கும் முழுமைக்குமான ஒரு கோவை இல்லை எனினும் T_c இன் அண்மையில் $(T \to T_c^+)$,

χ இன் தோராய மதிப்பைச் சமன்பாடு (8) தரும்.

$$\chi(T) \approx C_0^+ \left[1 - \frac{T_c}{T}\right]^{-7/4} + C_1^+ \left[1 - \frac{T_c}{T}\right]^{-3/4} + C_2 \quad (8)$$

$T \to T_c^-$க்குச் சமன்பாடு (9) பயன்படும்

$$\chi(T) \approx C_0^- \left[1 - \frac{T_c}{T}\right]^{-7/4} + C_1^- \left[1 - \frac{T_c}{T}\right]^{-3/4} + C_2 \quad (9)$$

இவற்றில்,

$$C_0^+ = 0.962\ 581\ 732\ 2 \ldots\ldots$$

$$C_0^- = 0.025\ 536\ 971\ 9 \ldots\ldots\ldots$$

$$C_1^+ = 0.074\ 988\ 153\ 8 \ldots\ldots\ldots$$

$$C_1^- = -0.019\ 894\ 107 \ldots\ldots\ldots$$

தன்னிச்சையான மாசுகள். ஐசிங் படிவத்தைக் கொண்டு ஆராயக் கூடிய பிரச்சினைகளில் ஒன்று: ஒரமைப்பிலுள்ள மாசுகளின் காரணமாக அமைப்பின் செயலெதிர்ச் செயல் ஆற்றலை முழுமையாக அறிய முடியாத ஓர் ஆய்வு நிலைக்களனை

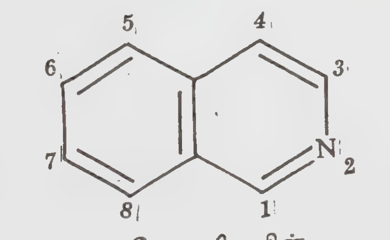
ஆராய்வதற்கான புள்ளியியல் விசையியலைப் பொதுமைப்படுத்துதலாகும். இங்கு மாசு என்பது வேற்றுப்பொருள்களின் கலப்பை மட்டுமன்றி அணிக் கோவை இருப்பிடங்களில் ஒன்றுக்கொன்று மாறுபட்ட குறைபாடுகளையும் குறிக்கும். இத்தகு மாசுகளின் பகிர்வு தற்சுழற்சியைச் சாராத விசைகளைப் பொறுத்திருக்கும். இந்நிலைமைகளில் குறைந்தது இரண்டு உண்டு. 1. வெப்பநிலை மாறும்போது மாசுகளின் பகிர்வு மாறலாம். அணிக் கோவையின் உருகுநிலைக்கு அண்மையில் இது ஏற்படும். 2. மாசுகளின் பகிர்வு வெப்பநிலையைச் சாராமல் இருக்கலாம். உருகுநிலைக்கு மிகக் கீழே இத்தகைய பகிர்வு இருக்கும். இத்தகு மாசுகள் உறைந்த மாசுகள் (frozen impurities) எனப்பெறும்.

மாசுகள் பற்றிய பிரச்சினையை ஐசிங் படிவத்தைக்கொண்டு 1968 ஆம் ஆண்டில் மெக்காய், வீ ஆகியோர் ஆராய்ந்தனர். அவ்வாய்வுகளின் முடிவுகள் நடைமுறை ஆய்வு முடிவுகளோடு ஒத்திருக்கின்றன.

- ச. சம்பத்

ஐசோகுயினலின்

ஒரு பென்சீன் வளையம் ஒரு பிரிடீன் வளையத்துடன் (நைட்ரஜன் β இடத்திலிருக்குமாறு) ஒட்டிய அமைப்புடையது ஐசோகுயினலின் ஆகும். ஐசோகுயினலினை, நாஃப்தலீனில் இரண்டாவது கார்பனுக்கும் ஹைட்ரஜனுக்கும் பதிலாக ஒரு நைட்ரஜன் அணு இடம் பெறுமாயின் தோன்றக்கூடிய வேற்றணு வளையமாகக் கருதலாம். இதனால் ஐசோகுயினலின் 2-அசோநாஃப்தலீன் அல்லது 3,4-பென்சோபிரிடின் என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது.

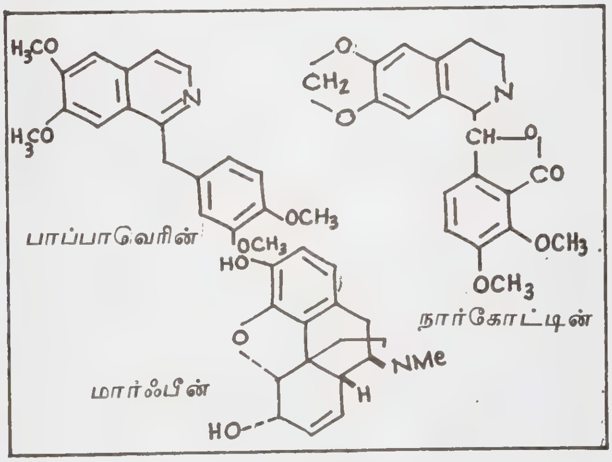


ஐசோகுயினலின்

முதன் முதலில், 1885 ஆம் ஆண்டில் நிலக்கரித் தாரிலிருந்து ஐசோகுயினலின் பிரித்தெடுக்கப்பட்டது. இது இயற்கையில் தனித்துக் காணப்படுவதில்லை. ஆயினும் அரோமாட்டிக் நிலையிலோ ஒடுக்கப்பட்ட நிலையிலோ ஐசோகுயினலின் கருஅமைப்பைக் கொண்ட அல்கலாய்டுகள் இயற்கையில் வெகுவாகக் காணப்படுகின்றன.

இயற்பியல் பண்பு. ஐசோகுயினலின் குறைந்த உருகுநிலை கொண்ட ஒரு நிறமிலாத் திண்மம். இதன் உருகுநிலை 26.5°C; கொதிநிலை 243°C. இதன் மணம் ஏறத்தாழ பென்சால்டிஹைடின் மணத்தை ஒத்திருக்கும். நீரில் கரையாத இச்சேர்மம் நீராவியில் ஆவியாகும். குயினலினைக் காட்டிலும் இதன் காரத் தன்மை சற்று அதிகம்.

ஐசோகுயினலின் அல்கலாய்டு. தாவரங்களிலிருந்து பெறப்படும் ஐசோகுயினலின் அல்கலாய்டுகளில் பெரும்பாலானவை 1, 2, 3, 4-டெட்ரா ஹைட்ரோ ஐசோகுயினலினை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன. ஐசோகுயினலின் அமைப்பின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ள பாப்பாவெரின் அல்கலாய்டு, அபின் அல்கலாய்டு வகையைச் சேர்ந்ததாகும். பாப்பாவெரின் தசைகளைத் தளரச் செய்யும் ஆற்றலையும் இரத்தக் குழாய்களை விரிவடையச் செய்யும் ஆற்றலையும் பெற்றுள்ளது. இந்த அல்கலாய்டை, ஐசோகுயினலின் தொகுப்பு முறையில் தொகுக்க இயலும். வலி நீக்கும் மார்ஃபினும், அமீபாவை அழிக்கும் எமட்டினும் குறிப்பிடத்தக்க அபின் அல்கலாய்டுகள் ஆகும். இவையும், லாடனசின், லாடனின் நார்கோட்டின், ஹைட்ராஸ்டின் ஆகிய அல்கலாய்டுகளும் 1,2,3,4 டெட்ராஹைட்ரோ ஐசோகுயினலின் அமைப்பை - அடிப்படையாகக் கொண்டியிருக்கின்றன.

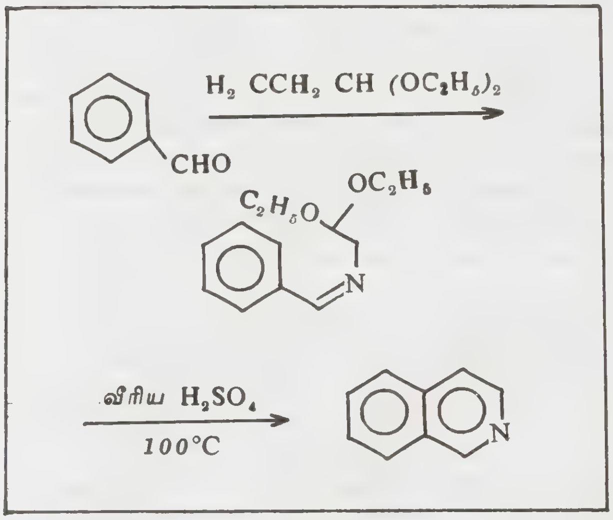


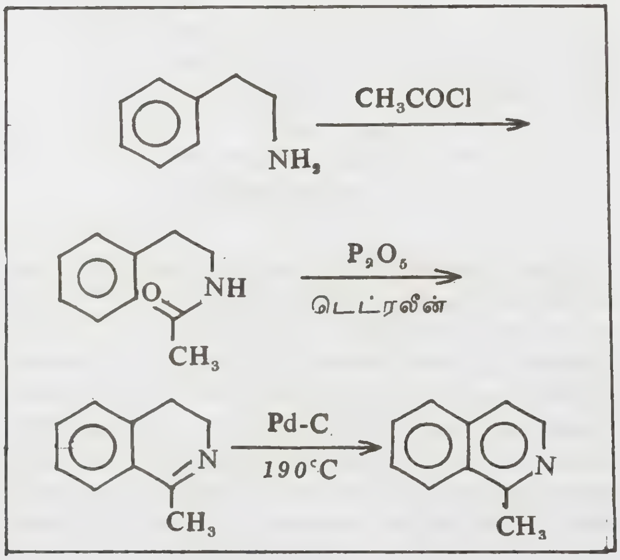
பாப்பாவெரின்

ஐசோகுயினலின் தொகுப்பு. ஐசோகுயினலினையும் அல்கலாய்டு உள்ளிட்ட ஐசோகுயினலின்சேர்மங்களையும் தொகுப்பு முறையில் உருவாக்கவியலும். பெரும்பாலான ஐசோகுயினலின் சேர்மங்கள் பின்வரும் ஏதாவது ஒரு பொது முறையிலேயே தொகுக்கப்படுகின்றன. பென்சால்டிஹைடு சேர்மங்களை அமினோ அசெட்டால்களுடன் வினைபுரியச் செய்து கிடைக்கும் அனில்களை வளைய மாக்கலுக்குட்படுத்தி ஐசோகுயினலின் சேர்மங்களைப் பெறுவது ஒரு முறையாகும். மற்றொரு முறையில் ஃபீனைல் எத்தில்

அமீன்களை, ஆல்டிஹைடு அல்லது அமிலத்துடன் குறுக்க வினை நிகழ்த்திப் பின் வளையமாக்கலுக்கு உட்படுத்தி ஐசோகுயினலின்களைப் பெறுவதாகும்.

பொமரான்ஸ்-பிரிட்ஸ் தொகுப்பு. இம்முறையில், முதலில்பெந்கால்டிஹடுடன் அமினோ அசெட்டாலை வினைபுரியச் செய்து ஆல்டிமைடு பெறப்படுகிறது. பின் ஆல்டிமைடை வீரியமிக்க அமிலத்தின் உதவியால் வளையமாக்கலுக்குட்படுத்த ஐசோகுயினலின் கிடைக்கிறது. இந்த வளையமாக்கல் வினை ஓர் எலெக்ட்ரான் கவர் பதிலீட்டு (electrophilic substitution) வினையாகும். எனவேதான் எலெக்ட்ரான் வழங்கும் தொகுதிகளை அரோமாட்டிக் வளையத்தில் பெற்றுள்ள பென்சால்டிஹைடுகள் சிறப்பாக இவ் வினைகளை நிகழ்த்துகின்றன. இந்த முறையில் பென்சீன் வளையத்தில் பதிலிகள் உள்ள ஐசோகுயினலின்களைப் பெற முடியும்.





பிஷ்லர்-நேபிரால்ஸ்கி தொகுப்பு. ஃபீனைல் எத்திலமினை கார்பாக்சிலிக் அமிலம் அல்லது அமில குளோரைடுடன் வினைப்படுத்தினால் கிடைக்கும் அமைடை வளையமாக்கலுக்கு உட்படுத்த, ஒரு நீர் மூலக்கூறு நீங்கி 3,4-டை ஹைட்ரோ ஐசோகுயினலின் தோன்றுகிறது. இதனை ஹைட்ரஜன் நீக்கம் செய்வதால் ஐசோகுயினலின் பெறுதி கிடைக்கிறது.

பிக்டேட்-காம்ஸ் திருத்திய முறை. ஹைட்ரோஐசோகுயினலின்களைப் பெற்றுப்பின் அவற்றை ஹைட்ரஜன் நீக்கம் செய்வதற்குப் பதிலாக, அம்முறையில் முழுமையான அரோமாட்டிக் ஐசோகுயினலினை நேரடியாகவே பெறமுடிகிறது. ஹைட்ராக்சிஃபீனைல் எத்திலமினின் அமைடு வளையமாக்கலுக்கு உட்படுத்தப் படும்போது முதலில் நீர் நீக்கம் நிகழ்ந்து அடைபடா அமைடு தோன்றுவதாகவும், பின்பு இந்த அமைடு வளையமாக்கலுக்குட்பட்டு ஐசோகுனலினைத் தருவதாகவும் கருதப்படுகிறது.

- தி. இளம்பூரணன்

ஐசோடோப்

ஒரே அணு எண்ணும் வெவ்வேறு நிறை எண்களும் கொண்ட தனிம அணுக்கள் ஐசோடோப்புகள் எனப் படுகின்றன. அணு எண் என்பது அணுக்கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையாகும். நிறை எண் என்பது அதிலுள்ள புரோட்டான்கள் நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எண்ணிக்கை. ஐசோடோப்புக்களின் அணுக்கருக்களில் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை சமமாகவும், நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை வேறுபட்டும்இருக்கும். அவற்றுக்கு 1918ஆம் ஆண்டில் ஃபிரடரிக் சாடி என்பார் ஐசோடோப்கள் எனப் பெயரிட்டார்: இதற்கு ஒரேயிடத்திலுள்ளவை எனப் பொருள். தனிமங்களின் காலமுறை அட்டவணையில் ஐசோடோப்கள் ஒரே நிலையில் அமைவதால் இந்தப் பெயரிடப்பட்டது. இவ்வாறு ஐசோடோப்கள் என்ற சொல்லானது ஒரு குறிப்பிட்ட தனிமத்தின் அணுக்களில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இனங்கள் உள்ளன என்று குறிப்பிடுவதாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட அணு எண்ணும் நிறை எண்ணும் உள்ள அணு இனம் நியூக்ளைடு என்ற சொல்லால் குறிப்பிடப்படும். இருப்பினும் அதைக் குறிப்பிட ஐசோடோப் என்ற சொல்லையும் பயன்படுத்துவதுண்டு. இதுவரை தெரிய வந்துள்ள தனிமங்கள் எல்லாவற்றுக்கும் குறைந்தது மூன்று நியூக்ளைடுகளாவது உள்ளமை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. அவற்றில் சில நிலையானவை. மற்றவை கதிரியக்கமுள்ளவை. நிலையாக உள்ள அல்லது நீண்ட அரை வாழ்நாள் உள்ள நியூக்ளைடுகளின் தன்மைகள் மட்டுமே விரிவாக ஆராயப் பட்டிருக்கின்றன. இவற்றின் இருப்பு அளவும், சார்பு

அளவும் நிறைமாலைமானிகளின் உதவியால் ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன.

வெள்ளீயத்துக்கு மற்றஎல்லாத் தனிமங்களையும் விட அதிகமான எண்ணிக்கையில் பத்து ஐசோடோப்கள் உள்ளன. அவற்றின் அணு எண் 50. நிறை எண்கள் 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 124, ஆகும். அடுத்து செனான் ஒன்பது ஐசோடோப்புகளைப் பெற்றுள்ளது. டெல்லூரியம், காட்மியம் ஆகியவற்றிற்குத் தலா எட்டு ஐசோடோப்கள் உள்ளன. 62 தனிமங்களுக்கு ஐசோடோப்கள் இயற்கையில் கிடைக்கின்றன. 22 தனிமங்களுக்கு ஒரே ஒரு நிலையான நியூக்ளைடு மட்டுமே உண்டு. மற்றவை நிலையற்றவை. பிஸ்மத்துக்குக் (z=83) குறைவான அணு எண் உள்ள தனிமங்களில் டெக்னிஷியம், புரோமிதியம் ஆகிய இரண்டுக்கு மட்டுமே நிலையான நியூக்ளைடுகள் எதுவும் இல்லை.

இயற்கையில் கிடைக்கும் ஐசோடோப்களைக் கொண்ட தனிமங்களில், ஐசோடோப்களின் சார்பு அளவு, அவை கிடைக்கிற இடங்களைப் பொறுத்து அமையவில்லை என்பது குறிப்பிடத் தகுந்தது. அதன் காரணமாகப் பெரும்பாலான பொருள்களுக்கு வேதி அணு எடை மாறிலியாக உள்ளது. வேதியல் அணு எடை என்பது எல்லா நிலையான ஐசோடோப்களின் நிறைகளின் சராசரியாகும்.

அவகாட்ரோ எண்ணுக்குச் (6.02252×10^{23}) சமமான எண்ணிக்கையிலுள்ள தனிம அணுக்களின் நிறை அந்தத் தனிமத்தின் அணு எடைக்குச் சமமாக இருக்கும் என்கிற உண்மையின் அடிப்படையில் வில்லியம் குரூக்ஸ் ஐசோடோப்களைப் பற்றி முதன்முதலாக ஊகம் வெளியிட்டார். பிஸ்மத்தை விட அதிகமான அணு எண் உள்ள தனிமங்களின் கதிரியக்கத்தைப் பற்றிய ஆய்வுகளின் மூலம், வேதித் தன்மையில் ஒன்றுபட்டிருக்கிற தனிமங்கள் இயற்பியல் தன்மையில் வேறுபட்டிருப்பதற்கான ஆய்வுச் சான்றுகள் கிடைத்தன. யுரேனியம், தோரியம் ஆகியவற்றின் வேதிப் பண்புகள் ஒன்றாயிருப்பினும் அவற்றின் அணு எடைகள் வேறுபட்டிருப்பது காணப்பட்டது. நிலையான ஐசோடோப்கள் இருப்பதற்கான சான்று தாம்சன் வளிம மின்னிறக்கக் குழாய்களில் தோன்றிய நேர்மின் கதிர்களை ஆய்வு செய்தபோது கிடைத்தது. நியான் மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்து வெளிப்பட்ட நேர்மின் கதிர்களைக் காந்தப் புலங்களாலும் மின் புலங்களாலும் வளைத்து ஒளிப்படத் தகடுகளில் செலுத்திய போது இரண்டு வெவ்வேறு நிறைகள் கொண்ட நியான் அணுக்களின் சுவடுகள் பதிவாயின. ஆஸ்ட்டன் என்பார் தமது நிறைமாலைமானியின் உதவியால் நியானில் மட்டுமன்றி குளோரின், பாதரசம், நைட்ரஜன், மந்த வளிமங்கள் ஆகியவற்றிலும் இதேபோன்ற நடத்தை காணப்படுவதைக் கண்டுபிடித்தார். அதே சமயத்தில் டெம்ப்ஸ்டர் என்பாரும் தமது நிறைமாலைமானியின் உதவியால் மக்னீசியம், லித்தியம், பொட்டாசியம், கால்சியம், துத்தநாகம் ஆகியவற்றின் ஐசோடோப்களையும் அவற்றின் சார்பளவுகளையும் கண்டுபிடித்தார்.

ஆஸ்ட்டனின் ஆய்வுகள் பல்வேறு ஐசோடோப்புக்களின் அணு நிறைகள் முழு எண்களுக்கு நெருக்கமாக உள்ளதைக் காட்டின. 1960ஆம் ஆண்டில் C^{12} ஐசோடோப்பின் அணு நிறையின் அடிப்படையில் அணு நிறையின் அலகு நிர்ணயிக்கப்பட்டது. அதன்படி $(6.0220943 \pm 0.0000063) \times 10^{26}$ கார்பன்-12 அணுக்கள் 12 கிலோகிராம் நிறையுடையுவையாக ஏற்கப்பட்டது. எனவே ஓர் அணு நிறை என்பது ஒரு கார்பன்-12 அணுவின் நிறையில் 12இல் ஒரு பங்கு ஆக நிர்ணயிக்கப்பட்டது.

இதுவரை அறியப்பட்டுள்ள 287 ஐசோடோப்களில் 168 தனிம அணுக்கருக்களில் இரட்டைப் படை எண்ணிக்கையில் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் உள்ளன. 57 தனிம அணுக்கருக்களில் இரட்டைப்படைப்புரோட்டான்களும் ஒற்றைப்படை நியூட்ரான்களும் இருக்கின்றன. 53 தனிம அணுக்கருக்களில் ஒற்றைப்படை புரோட்டான்களும் இரட்டைப் படை நியூட்ரான்களும் உள்ளன. 9 தனிம அணுக்கருக்களில் மட்டும் இரண்டும் ஒற்றைப் படை எண்ணிக்கையில் உள்ளன. இதிலிருந்து புரோட்டான், நியூட்ரான் ஆகியவற்றின் இணை சேரும் போக்கு வெளிப்படுகிறது. 50 புரோட்டான்கள் கொண்ட கூட்டமைப்பின் நிலைத்தன்மை அதிகமாயிருப்பதை வெள்ளீயத்திற்கு 10 ஐசோடோப்புகளிருப்பதிலிருந்து அறியலாம்.

சில தனிமங்களில் ஐசோடோப்களின் சார்பளவு மாறுகிறது. ஹைட்ரஜன், லித்தியம், போரான் போன்ற எடைக் குறைவான தனிமங்களில் ஐசோடோப்புகளின் அணுநிறைகள் ஓரளவு வேறுபட்டிருக்கின்றன. அவற்றின் வேதியல் வினைத் திறனும் ஓரளவு வேறுபடுகிறது. இதன் காரணமாகக் காய்ச்சி வடித்தல் அல்லது வெவ்வேறு சேர்மங்களுக்கிடையிலான வேதிப் பரிமாற்றம் போன்ற செயல்முறைகளில் ஐசோடோப் கூட்டமைப்பு, குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறக் கூடும். ஹைட்ரஜன், லித்தியம், போரான், கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் போன்றவற்றில் பெருமளவில் ஐசோடோப்களைப் பிரித்தெடுக்க வேதிப் பரிமாற்ற முறைகள் பயன்படுகின்றன.

உயிரிகளின் வாழ்க்கைச் சுழலில் பங்கேற்கும் தனிமங்கள் பரிமாற்ற வினைகள் காரணமாகவும், சவ்வூடு பரவுதல் காரணமாகவும் வேறுபட்ட ஐசோடோப் கூட்டமைப்புகளைப் பெற்றிருக்கக் கூடும். ஐசோடோப்களின் சார்பளவுகளை மாற்றுவதில்

வேதி வினை வேகங்களில் உள்ள சிறிய வேறுபாடு களும் முக்கியமானவை.

ஐசோடோப்களில் ஒன்றோ, அதற்கு மேற்பட்டவையோ கதிரியக்கச் சிதைவின் மூலம் தோன்றிய நிலையான விளைபொருள்களாயிருப்பதும் தனிமங் களின் கூட்டமைப்பு மாறுவதற்குக் காரணம். காரீயத்தின் மூன்று ஐசோடோப்கள் (Pb^{-208}, Pb^{206}, Pb^{-207}) தோரியம், U^{238}, U^{207} ஆகியவை கதிரியக்கத்தால் சிதைவடையும் போது தோன்றும் இறுதி விளை பொருள்களாகும். Pb^{-204} என்பது எந்தக் கதிரியக்கச் சிதைவிலிருந்தும் தோன்றியதாகத் தெரிய வில்லை. இவ்வாறு காரீயத்தின் ஐசோடோப் கூட்ட மைப்பு அது கடந்த காலத்தில் யுரேனியம், தோரியம் ஆகியவற்றுடன் கூடியிருந்ததைப் பொறுத்து மாறு படும். அரிதாகக் காணப்படுகிற K^{40} என்ற பொட்டாசிய ஐசோடோப் 0.012% காணப்படுகிறது. அதன் அரை வாழ் நேரம் 1.28×10^{9} ஆண்டுகள். அது பீட்டாத் துகள்களை உமிழ்ந்து நிலையான Ar^{40} ஆகவும், எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு மூலம் Ca^{40} ஆகவும் மாறுகிறது. வளிமண்டலத்திலுள்ள ஆர்கானில் 99.6 சதவீதம் Ar^{40} ஆகும். பொட்டாசியக் கனி மங்களில் உள்ள ஆர்கானின் கூட்டமைப்பு வளி மண்டல ஆர்கானினுடையதிலிருந்து வேறுபட்டி ருக்கும். இந்தச் சிதைவுச் செயல்முறைகளும், ருபீடியம்-87, ஸ்ட்ரான்ஷியம்-87 ஆகச் சிதைவதும் புவியியல் வயதைக் கணக்கிட உதவுகின்றன.

இயற்கையிலேயே நிகழும் அணுக்கரு வினை களின் காரணமாகச் சில தனிமங்களில் முரணிய ஐசோடோப் கட்டமைப்புகள் தோன்றுகின்றன. 1972ஆம் ஆண்டில் கபன் (Gabon) என்ற மேற்கு ஆப்பிரிக்க நாட்டில் உள்ள ஒக்லா யுரேனியப் படிவுகளில் U^{235} நியூக்ளைடு மிகக் குறைந்த அளவேகாணப்பட்டது. 1.7×10^{9} ஆண்டுகளுக்கு முன் நடைபெற்றிருக்கக் கூடிய ஒரு தொடர் வினையின் காரணமாக அப்படிவுகளிலிருந்த U-235 ஐசோடோப்பின் பெரும்பகுதி சிதைந்து போயிருக்கக் கூடும். அணு உலைக் கழிவுகளில் அணுக்கருப் பிளவு விளைபொருள்கள் காணப்படும். நியூட்ரான் உட்கவர்தல் ஏற்பட்டு அதன் பிறகு கதிரியக்கச் சிதைவு நிகழ்வதன் மூலம் பாறைகளிலுள்ள சில தனிமங்களின் ஐசோடோப் கட்டமைப்பு மாற்றப் படுவதும் உண்டு.

நிலவிலிருந்து கொண்டு வரப்பட்ட பாறைகள், எரிகற்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படும் ஐசோடோப் கூட்டமைப்பு, பொதுவாகப் புவியிலுள்ளவாறே ஒத்துள்ளது. கதிரியக்கச் சிதைவு, காஸ்மிக் கதிர்த்தாக்குதல் போன்றவற்றால்எரிகற்களின் ஐசோடோப் கூட்ட மைப்பில் வேறுபாடுகள் ஏற்படலாம். நிலவுப் பாறை களில் காணக் கூடிய கூட்டமைப்பு வேறுபாடுகள் சூரியக் காற்றின் தாக்குதல்களால் ஏற்பட்டவையாக இருக்கக் கூடும். இரும்பு கலந்த எரிகற்களில் இரும்பு அணுக்களை உயர் ஆற்றல் காஸ்மிக் கதிர்கள் தாக்கி ஹீலியம், நியான் போன்ற லேசான தனிமங்களை உண்டாக்கிவிடுவதன் மூலம் முரணிய கூட்டமைப்புக் காணப்படுகிறது. H_e^{3}, H_e^{4} ஆகிய ஐசோடோப்புக் களின் அளவுகளுக்கிடையிலான தகவைப் பயன்படுத்தி ஒரு பொருள் எவ்வளவு காலமாகக் காஸ்மிக் கதிர்த் தாக்குதலுக்குட்பட்டிருந்தது என்பதைக் கணக்கிட முடிகிறது.

சிலதனிமங்களின் ஐசோடோப்களுக்குத்தனியான அல்லது விந்தையான பண்புகள் உண்டு. அவற்றைப் பிரித்தெடுப்பது அல்லது அவற்றின் சார்புச் செறிவை அதிகப்படுத்துவது சில நோக்கங்களுக்கு உதவும். வளிமண்டல ஹைட்ரஜனில் 0.16% அளவுக்கு டியூட்ரியம் உள்ளது. அது கனநீர் அணு உலைகளில் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தணிப்பதற்கு உதவும். எதிர் காலத்தில் அது அணுக்கருப் பிணைவு உலை களில் எரிபொருளாகவும் பயன்படும் எனக் கருதப் படுகிறது. பல விதமான காய்ச்சிவடித்தல், பரிமாற்றம், மின்னாற்பகுப்பு முறைகளின்மூலம் டியூட்ரியம் அடங்கிய கனநீர் ஏராளமான அளவில் உற் பத்தி செய்யப்படுகிறது. அணு உலைகளுக்குத் தேவை யான யுரேனிய எரிபொருளில் U235-இன் அளவை அதிகப்படுத்துவதற்கு வளிம விரவல் முறைகள் பயன்படுகின்றன.

உயிரியல் நோக்கத்தில் முக்கியமான தனிமங் களில் கார்பனுக்கும் ஹைட்ரஜனுக்கும் மட்டுமே தடங்காட்டிகளாகப் (tracers) பயன்படுத்தக் கூடிய வகையில் நெடிய அரை வாழ் காலமுடைய கதிரியக்க ஐசோடோப்கள் அமைந்துள்ளன. அவை உயிரிகளில் நடைபெறும் செயல்களை ஆய்வு செய்ய உதவும். H^{3}, C^{14} போன்ற தனிமங்களைப் பெருமளவில் பயன் படுத்துவது விரும்பத் தக்கதன்று. H^{1}, C^{12} ஆகியவை அவற்றைவிட அதிக நுட்பத்தோடும் சரியான முறையிலும் செயல்படுகின்றன. வளர்சிதை மாற்றம், மருந்துகள் உட்கவரப்படுதல் போன்ற பலஉயிரியல் செயல்பாடுகளை C^{13}, N^{15}, O^{18}, H^{2} போன்ற நிலை யான ஐசோடோப்களைப் பயன்படுத்தி ஆராய்வது மேலானது. மூலக்கூறுக்கட்டமைப்பில் நிறைந்த அளவில் ஓரிடத்தனிமங்களைப் புகுத்தி விடுவதன் மூலம் சேர்மங்கள் அடையாளக் குறியிடப்படுகின்றன. உயிரியல் செயல்பாடுகளில் ஈடுபட்டு வளர்சிதை மாற்றமடைந்த விளைபொருள்களை நிறமாலை மானிகளின் உதவியால் ஆய்வு செய்து அவற்றின் ஐசோடோப் தகவில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களைக் கணக்கிடுவதன் மூலம் உயிரியல் வினைகள் ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன. வேதியல் மற்றும் உயிரியல் வினைகளின் வழிமுறைகளை அறிந்து கொள் வதற்கு ஐசோடோப் காட்டிகள் (isotopic indicators) அல்லது இணைக்கப்பட்ட அணுக்கள் (labeled atoms) பயன்படுகின்றன. வேதிவினைகளின்போது எந்தத்

தனிமத்தின் வினைவழியை அறிந்துகொள்ள வேண்டுமோ அதன் ஐசோடோப்புகளில் ஒன்றின் அடர்வை எடுத்துக் கொண்ட வினைப்பொருள்களில் ஏதேனும் ஒன்றில் மாற்றுவதன் மூலம் வினையில் வினை வழியை அறிய முடிகிறது.

காட்டாக, எஸ்ட்டரை நீராற்பகுத்தல் வினையின் வினை வழிமுறையைப் பின் வருமாறு கணக்கிடலாம். ஈத்தைல் அசெட்டேட் நீராற்பகுப்படைவதைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$CH_3COOC_2H_5 + HO^*H \rightleftharpoons CH_3CO^*OH + C_2H_5OH \quad \rightarrow 1$$

$$CH_3COOC_2H_5 + HO^*H \rightleftharpoons CH_3COOH + C_2H_5O^*H \quad \rightarrow 2$$

இவ்விரண்டு வினை வழிமுறைகளில் எது சரியானது என்பதை ஆக்சிஜன் ஐசோடோப்பை (O-18) நீராற்பகுத்து அறியலாம். ஆக்சிஜன் கன ஐசோடோப்பு சமன்பாடு-1 இன்படி அமிலத்திற்கும், சமன்பாடு (2) இன் படி ஆல்கஹாலிற்கும் செல்கிறது. வினையில் விளையும் ஆல்கஹாலை எரித்துப் பெறப்பட்ட நீர் இயல்பான அடர்த்தியையே பெற்றிருந்தது. ஆல்கஹாலில் ஆக்சிஜனுடைய எவ்வித கன ஐசோடோப்புகளும் இருக்கவில்லை, எனவே வினை வழி (1) சரியானதாகும். தாவரங்கள் கார்பன் டை ஆக்சைடை உட்கிரகிக்கும் வினைவழியைக் கண்டுபிடிக்க ஆக்சிஜனின் கன ஐசோடோப்பைப் பயன்படுத்தியபோது பின்வரும் சமன்பாட்டின்படி வினை நிகழ்வதாகக் கண்டறியப்பட்டது.

$$6CO_2 + 12\,H_2O^* \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6\,O_2^*$$

$$6CO_2^* + 12\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O^* + 6\,O_2$$

எனவே தாவரங்களிலிருந்து வெளியிடப்படும் ஆக்சிஜன் நீரில் இருந்துதான் வருகிறது என்றும் கார்பன் டை ஆக்சைடிலிருந்து இல்லை என்றும் அறியப்படுகிறது.

ஐசோடோப்புகளை ஆய்வு செய்யும்போது வெவ்வேறு எடைகள் கொண்ட அணுக்கள் இருப்பதோடு வெவ்வேறு தொகுதிகளைச் சேர்ந்த எடைகள் கொண்ட வேறுபட்ட மின் சுமைகளைக் கொண்ட அணுக்களும் உள்ளன எனத் தெரியவந்தது. (எ.கா) Ar^{40} K^{40}; Cr^{54}, Fe^{54}: Cd^{112}, Sn^{112}; இவ்வாறு சம எடைகளையும், வெவ்வேறு வேதிப்பண்புகளையும் கொண்ட அணுக்கள் ஐசோபார்கள் (isobars) என்றழைக்கப்படுகின்றன.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஐசோடோப் தனிப்படுத்தல்

மிக ஒத்த வேதிப் பண்புகளைக் கொண்ட ஐசோடோப் கலவையிலிருந்து தனித்தனி அணு எடைகளைக் கொண்ட ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தல் உயர் தொழில் நுட்பம் முறை ஆகும்.

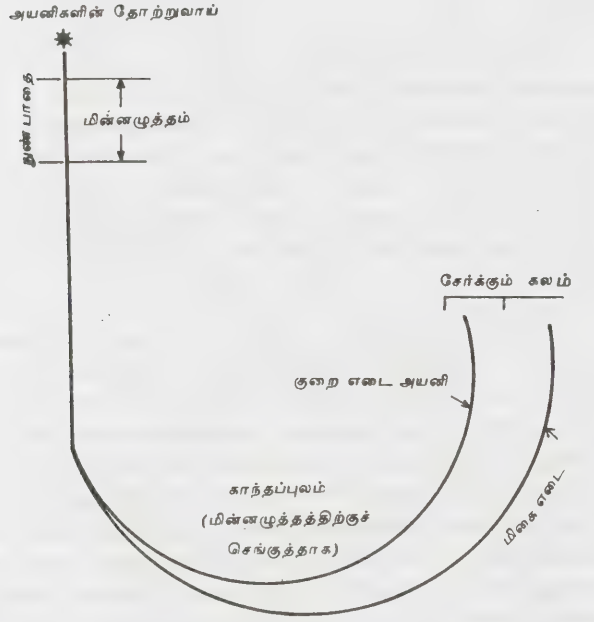
தனிப்படுத்தல். இயற்கை யுரேனியத்தில் U^{235}, U^{238} என்ற இரு அணுஎடை கொண்ட தனிமங்கள் இருக்கின்றன. இதில் 0·7% அளவேவுள்ள U^{235} தான் செறிவூட்டப்பட்ட யுரேனிய அணு உலைகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய அணு உலைகளை வடிவமைப்பதற்கும், தொடர்ந்து பயன்படுத்துவதற்கும், U^{235} ஐத் தனிப்படுத்துவது இன்றியமையாததாகும்.

பகுப்பில் பயன்படும் பண்புகள். ஐசோடோப் கலவையின் அணு எடை வேறாயினும் அணு எண் ஒன்றே. எனவே, இவற்றின் வேதிப் பண்புகளில் மாற்றம் எதுவுமிராது. இவற்றின் இயற்பண்புகளிலும் வேறுபாடுகள் மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். ஐசோடோப்புகளைப் பகுக்கப் பொதுவாகப் பயன்படும் இயற்பண்புகளைப் பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்:

வெவ்வேறு எடையுள்ள அயனிகள் ஒரு மின் காந்தப் புலத்தில் நகரும்போது அவற்றின் நகர் வேகங்கள் வேறுபடலாம். வெவ்வேறு அணுஎடையுள்ள தனிமங்கள் அல்லது அவற்றாலான சேர்மங்களின் ஊடுருவும் திறன் (diffusivity) மாறுபடலாம். திண்ம, நீர்ம நிலைகளில் வேதிப் பரிமாற்றம் நிகழும்போது பரிமாற்ற விகிதம் தனிம அணு எடைகளைப் பொறுத்து மாறுபடலாம். ஒரு நீர்மம் வளிம நிலைக்கு மாறும்போது அணுஎடை குறைவாக உள்ள தனிமம் வளிமத்தில் மிகுதியாக இருக்கலாம். லேசர் போன்ற மிகக் கூர்மையான ஒளிக் கற்றைகளை உட்கவரும் பண்பும் தனிமங்களின் அணு எடையைப் பொறுத்து மாறுபடலாம்.

இன்றுவரை இந்த ஐந்து அடிப்படைப் பண்பு வேறுபாடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டே ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தும் முயற்சிகள் நடைபெற்று வருகின்றன. பொதுவாக வேதியியலில் பயன்படுத்தப்படும் தனிமப்படுத்தும் முறைகளே இங்கும் பயன்படுத்தப்பட்டாலும் ஒவ்வொரு பகுப்புப் படியின் போதும் மிகச் சிறிதளவே செறிவூட்டம் நடைபெறும். எனவே, ஐசோடோப்புகளை முழுமையாகத் தனிப்படுத்த ஒரே பகுப்பு முறையைப் பல முறை மீண்டும் மீண்டும் செய்ய வேண்டியிருக்கலாம். இதைத்தொடர் படிப்பகுப்பு (cascade separation) எனக்குறிக்கலாம். பிற தனிப்படுத்தும் முறைகளுக்கும் ஐசோடோப்புகளைத் தனிப்படுத்தும் முறைகளுக்கும் இதுவே அடிப்படையான வேறுபாடாகும்.

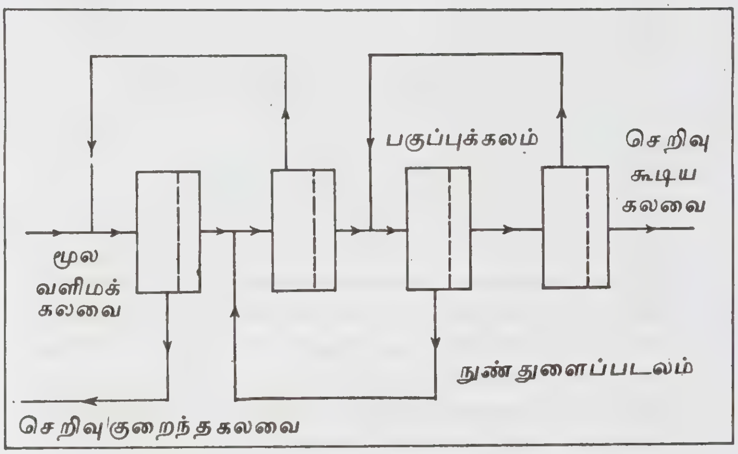
மின்காந்தத் தனிப்படுத்தல். மின் காந்தப் புலத்தைக் கொண்டு ஐசோடோப்புகளைத் தனிப் படுத்தும் முறையைப் படம்-1 விளக்குகிறது. தனிமக் கலவை அணுக்கள் நேர் அயனிகளாக்கப்பட்டு ஒரு நுண்துளை வழியாகச் செலுத்தப்படுகின்றன. அயனிப் பாதையில் முதலில் ஒரு மின்னழுத்தமும் அதன்பின் அப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக ஒரு காந்தப் புலமும் வைக்கப்படும். இத்தகைய மின்காந்தப் புலத்தில் அயனிகள் அவற்றின் மின்னேற்ற எடை விகிதத்திற்கேற்ப (e/m ratio) வளைகின்றன. மிக அதிகமான மின்காந்தப் புலத்தை உருவாக்குவதன் மூலம் எல்லா ஐசோடோப்புகளையும் இம்முறையில் தனிப்படுத்தலாம்.



படம் 1. மின்காந்தத் தனிப்படுத்தல் முறையின் கருவி யமைப்பும் அயனிப்பகுப்பும்

அதிக எடையளவு ஐசோடோப்புகளைத் தனிப் படுத்த இந்த முறை இப்போது பயன்படுத்தப்படா விட்டாலும், அடிப்படை ஆய்விற்குத் தேவையான சில கிராம் அளவு ஐசோடோப்கள் இன்றும் இந்த முறையில்தான் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தனிமப் பட்டி யலில் உள்ள எந்தக் குறிப்பிட்ட எடை ஐசோடோப் பையும் இவ்வகையில் பகுத்தெடுக்கலாம் என்பது இந்தத் தனிப்படுத்தும் முறையின் சிறப்பாகும்.

வளிம ஊடுருவல் முறை. ஐசோடோப் அணுக் கலவையை ஒரு மெல்லிய நுண்துளைப் படலத்தின் வழியாகச் செலுத்தினால் எடை குறைவான அணுக்கள் எடை மிகுதியாக உள்ள அணுக் களை விட வேகமாக அந்தப் படலத்தை ஊடுருவிச் செல்லும். இம்முறையில் தனிப்படுத்தும் திறன் தனிமங்களின் அணுஎடை விகிதங்களைப் பொறுத்தது. U^{238}, U^{235} கலவையைப் பொறுத்தவரை இவ்விகிதம் 1.0043 ஆகும். எனவேதான் இத்தகைய பகுப்பு முறைகளில் தொடர் பகுப்பைக் கையாள வேண்டி யிருக்கிறது. இந்த அடிப்படையில் UF_6 வளிமத்தைக் கொண்டு ஐசோடோப்களைத் தனிப்படுத்தும் முறை யைப் படம்- 2 விளக்குகிறது.



படம் 2. மீள்படிப்பகுப்பு முறையில் வளிமக் கலவையை ஊடுருவல் முறையில் பகுத்தல்.

ஒவ்வொரு பகுப்புக் கலத்தினுள் செல்லும் வளிமத்தி லும் ஏறக்குறைய பாதியளவு நுண்துளைப் படலத் தின் வழியே சென்று அடுத்த பகுப்புக் கலத்தை அடைகிறது. இவ்வாறு தொடர்ந்து முன்னோக்கிச் செல்லும் வளிமத்தில் $^{235}UF_6$ இன் அளவு கூடிக் கொண்டே போகிறது. ஒவ்வொரு பகுப்புக் கலத்தி லும் எஞ்சிய வளிமப் பகுதி எடைகூடிய பகுதியாகப் பின்னால் உள்ள பகுப்புக்கலத்திற்குச் செலுத்தப் படுகிறது. இவ்வாறு ஆயிரக் கணக்கான பகுப்புக் கலங்களை வரிசையாக அமைத்துப் பகுப்பதன் மூலம் 0.7% அளவே U-235 உள்ள வளிமத்திலிருந்து 90.0% வரை U-235 உள்ள UF_6 வளிமம் தனிப்படுத்தப் படுகிறது. வரைபடத்தில் எல்லாப் பகுப்புக் கலங்க ளும் ஒரே அளவாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஆனால் உண்மையில் ஆயிரக்கணக்கான பகுப்புக் கலங்களும் தொடக்கத்தில் உள்ளவை பெரியவையாகவும் இறுதி யில் உள்ளவை சிறியவையாகவும் அமையும் வகையில் படிப்படியாகக் கொள்ளளவு குறைவாக அமைக்கப் படும்.

வெப்ப ஊடுருவல் முறை. பெரிய செங்குத்தான குழாய் ஒன்றின் மையத்தில் மற்றொரு சிறிய குழாயை வைத்துச் சிறிய குழாயின் வழியாக உயர்

வெப்ப, உயர் அழுத்த நீராவி செலுத்தப்படுகின்றது. இப்போது பெரிய குழாய்க்கும் சிறிய குழாய்க்கும் இடையில் உள்ள இடைவெளியில் ஒரு வெப்பச் சரிவு (thermal gradient) உருவாகும். சிறிய குழாயின் வெளிச்சுவரை ஒட்டிய பகுதி வெப்பமாகவும், பெரிய குழாயின் உட்சுவரை ஒட்டிய பகுதி குளிர்ச்சியாகவும் இருக்கும்.

இத்தகைய வெப்பச் சரிவுள்ள இடைவெளியில் ஐசோடோப் அணுக்கலவையைச் செலுத்தினால் அணு எடை குறைவாக உள்ள ஐசோடோப் வெப்ப மான பகுதியில் அதிகமாக ஊடுருவி வந்தடையும். குழாய்களின் அகலம், உயரம், வெப்பநிலை போன்ற வற்றைச் சீரமைப்பதன் மூலம் சரியான தனிப்படுத் தும் தொழில் நுட்பம் உருவாக்கப்படுகிறது.

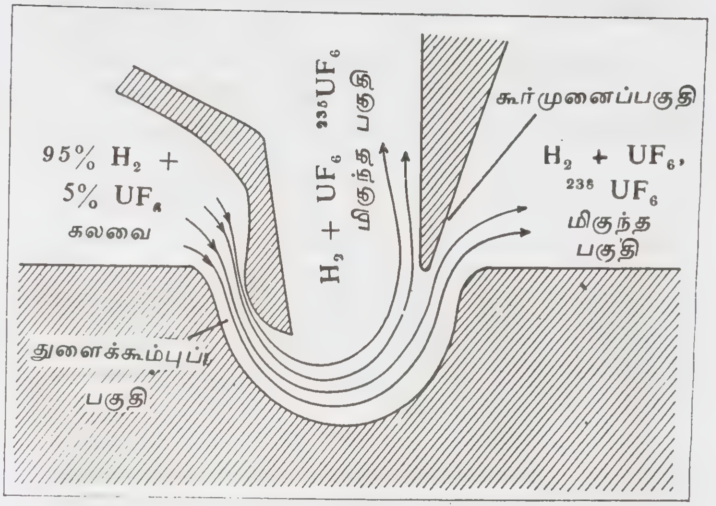
இந்தத் தனிப்படுத்தும் தொழில் நுட்பமும் U235 ஐசோடோப் பகுப்பிற்கென்றே உருவாக்கப்பட்டது தான்; ஆனால் இந்தத் தொழில் நுட்பத்திற்கு நீராவிச் செலவு மிகவும் அதிகம். எனவே, தற்கால்த் தில் இந்தத் தொழில் நுட்பமுறை பயன்படுத்தப் படுவதில்லை.

துளைக்கூம்புச் செயல் முறை. துளைக்கூம்புச் செயல்முறையில் ஐசோடோப் கலவையைத் தனிப் படுத்தும் முறையைப் படம்-3இன் மூலம் அறியலாம். UF_6 வளிமம் 95% ஹைட்ரஜன் வளிமத்துடன் கலக்கப்பட்டு ஓர் அரைவட்டத் தளத்திற்கும் மற் றொரு தடுப்பிற்கும் இடையில் உள்ள ஒரு சிறிய துளையின் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. இந்த நுண்துளையில் மோதி நுழைந்து வளையும்போது அணுஎடை குறைந்த கலவை சற்று அதிகமாக வளைந்து திரும்புகிறது. இந்தக் கலவை வளைந்து திரும்பிவரும் வழியில் ஒரு கூர் முனையைக் கொண்டு பிரிப்பதன் மூலம் $^{235}UF_6$, H_2 கலவை ஒரு புறமாக வும் 238 UF_6, H_2 கலவை மறுபுறமாகவும் பகுக்கப் படுகின்றன.

இம்முறையும் வளிம ஊடுருவலை அடிப்படை யாகக் கொண்ட முறைதான். வளிம ஊடுருவல் முறையில் 1180 தொடர் படிப் பகுப்புகளில் செறி வூட்டக்கூடிய யுரேனியத்தை இந்த முறையில் 570 தொடர்படிப் பகுப்புகளிலேயே அடைந்துவிடலாம்.

மைய விலக்கு முறை. இது வேதி ஆய்வகங்களிலும் உயிர்வேதியியல் ஆய்வகங்களிலும் பொதுவாகப் பயன்படும் முறையேயாகும். ஆனால் இந்த முறை நீர்மத்தில் கலந்துள்ள மிக நுண்ணிய திண்மத் துகள் களைப் பகுக்கவே பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வளிமக் கலவைகளையும் இந்த முறையில் மிக விரை வாகச் சுழற்றினால் அவை அவற்றின் எடை வேறு பாட்டுக்கேற்பத் தனிப்படுத்தப்படலாம்.

அடிப்படைக் கோட்பாடு எளிதாயினும் மிக விரைவாகச் சுழலக்கூடிய கருவியமைப்புகளையும்



படம் 3. துளைக்கூம்பு முறையில் ஓரிடத்தனிமங் களைப் பகுத்தல்

மின் சுழற்றிகளையும் (rotors) வடிவமைப்பது மிகவும் கடினமாகும். எனவே இரண்டாம் உலகப்போரின் போது இந்தத் தொழில் நுட்பத்தை வளர்க்கத் தொடங்கிய முயற்சிகள் கைவிடப்பட்டுவிட்டன. ஆனால் மின் சுழற்றிகளை உருவாக்குவதில் ஏற்பட் டுள்ள வளர்ச்சியின் காரணமாக மீண்டும் இத்துறை யில் ஆய்வுகள் நடைபெறுகின்றன. இந்தத் தனிப் படுத்தல் முறைக்கான மூலதனச் செலவு வளிம ஊடுருவல் முறைக்காகும் செலவைவிட அதிகமே. ஆனால் ஆற்றல் தேவை இந்த முறையில் மிகவும் குறைவாக இருக்கும் என்று கருதப்படுகிறது.

வேதிப் பரிமாற்ற முறை. சாதாரண நீரிலிருந்தும் ஹைட்ரஜன் அடங்கிய பிற சேர்மங்களிலிருந்தும் கன ஹைட்ரஜனை அல்லது கனநீரைப் பகுத் தெடுக்கும் பணியில் பெரிதும் பயன்படுவது வேதிப் பரிமாற்றத் தனிப்படுத்தும் முறையேயாகும்.

நீர் நிறைந்த ஒரு கோபுரத்தின் வழியாகக் கீழே யிருந்து ஹைட்ரஜன் வளிமத்தைச் செலுத்தும்போது அணுஎடை அதிகமுள்ள D_2 சேர்மம் பின்வரும் வேதிப் பரிமாற்றங்களின் மூலம் சேரத் துவங்கும்.

$$H_2O + D_2 \rightleftharpoons D_2O + H_2$$

$$H_2O + D_2 \rightleftharpoons HDO + HD$$

இதனால் கன ஹைட்ரஜன் நீரில் மிகுதியாகிறது. கோபுரத்தைவிட்டு வெளியேறும் வளிமத்தில் இதன்

அளவு குறைகிறது. இதே பகுப்புமுறை பல்வேறு கோபுரங்களில் படிப்படியாகச் செயல்படுத்தப்படும் போது ஐசோடோப்கள் முழுமையாகத் தனிப்படுத்தப் படுகின்றன.

மேலே குறிப்பிட்ட எடுத்துக்காட்டைப் போன்றே H_2/NH_3 சேர்மங்களுக்கிடையிலும் வேதிப்பரிமாற்றம் நிகழலாம்.

$$NH_3 + D_2 \rightleftharpoons NH_2D + HD$$

$$NH_3 + D_2 \rightleftharpoons NHD_2 + H_2$$

இந்த வேதிப் பரிமாற்றப் பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டே இந்தியாவில் பரோடாவிலும் தூத்துக்குடியிலும் உள்ள கனநீர் ஆலைகள் இயங்கி வருகின்றன.

மேலே குறிப்பிட்ட எடுத்துக்காட்டில் நீர்மக் கோபுரங்கள் யாவும் ஒரே வெப்பநிலையில் இயங்கும். இந்த முறை ஒரே வெப்பநிலைப் பகுப்பு முறை எனப்படுகிறது. சில வேதிப் பரிமாற்றப் பகுப்புகளில் ஒவ்வொரு பகுப்புப் படியிலும் ஒரு வெப்பக் கோபுரமும் ஒரு குளிர்நிலைக் கோபுரமும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். H_2O/H_2S வேதிப் பரிமாற்றத்தில் பயன்படுத்தப்படும் இத்தகைய இரட்டை வெப்ப நிலைப் பகுப்பு முறைக்கான (dual thermal process) படம்-4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு வளிமம் வெப்பக் கோபுரத்தின் வழியே வரும்போது நீரிலிருந்து அதிக அளவு கன ஹைட்ரஜனை எடுத்துக் கொள்கிறது.

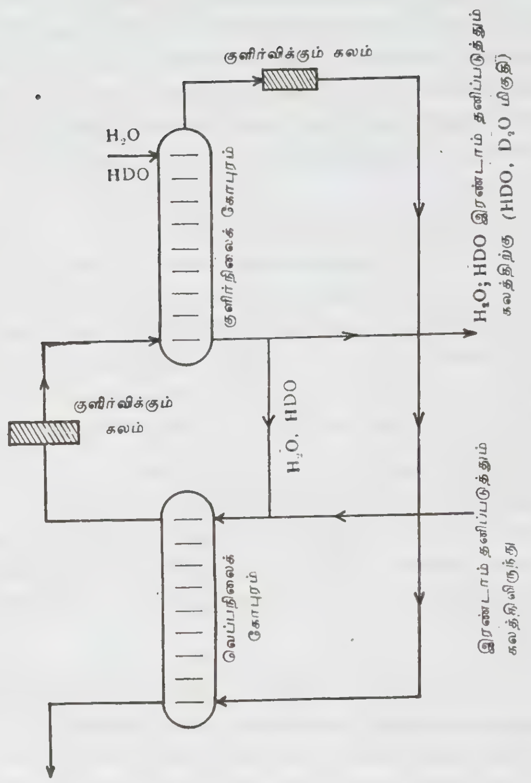
$$D_2O + H_2S \rightleftharpoons H_2O + D_2S$$

குளிர் நிலைக் கோபுரத்தில் நீர் குளிர்ந்த நீர்ம நிலையிலும் D_2S மட்டும் வளிம நிலையிலும் இருப்பதால் கன ஹைட்ரஜன் இப்போது நீருக்கு மாற்றப் படுகிறது.

$$H_2O + D_2S \rightleftharpoons D_2O + H_2S$$

தொடர் படிப்பகுப்பு முறையில் குளிர் கோபுரத்தில் செறியூட்டப்பட்ட நீர் அடுத்தடுத்த குளிர் கோபுரங்களை நோக்கி நகர்கிறது. செறிவு குறைந்த நீர் வெப்பக் கோபுரங்கள் வழியாகப் பின்னோக்கி நகர்கிறது.

கனநீர் தவிர அணுஎடை 10ஐக் கொண்ட போரானைப் பகுத்தெடுக்கவும், வேதிப் பரிமாற்றப் பகுப்பு முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. BF_3 வளிமம், BF_3 யும் டைமீத்தைல் ஈதரும் சேர்ந்த அணைவுச் சேர்ம நீர்மத்தினூடே செலுத்தப் படும்போது வேதிப் பரிமாற்றம் நடைபெறுகிறது. ஆனால், இந்த முறையின் பகுப்புத் திறன் மிகவும் குறைவு. அண்மைக் காலத்தில் BF_3 அனிசோல் அணைவுச் சேர்மம் நீர்மப் பொருளாகப் பயன்பாட்டுக்கு வந்துள்ளது. இது



படம் 4. இரட்டைவெப்பநிலை H_2S—HDO வேதிப் பரிமாற்றம்

சாதாரண வெப்பநிலையிலேயே நீர்மநிலையில் இருப்பதால் தொழில்நுட்ப வடிவமைப்பு வேலைகளும் எளிதாகும். இந்த முறையின் தனிப்படுத்தும் திறனும் அதிகம்.

காய்ச்சி வடித்தல். ஐசோடோப் கலவை உள்ள நீர்மத்தை வாலையிலிட்டுக் காய்ச்சி வடிக்கும்போது அணுஎடை குறைவாக உள்ள அணுக்களைக் கொண்ட சேர்ம மூலக்கூறுகள் ஆவியாக மாறும். எனவே, அணுஎடை அதிகமுள்ள அணுக்களைக் கொண்ட சேர்மம் அடியில் தங்கும்.

இந்த முறையின் பகுப்புத் திறன் மிகமிகக் குறைவு. எனவே, ஏராளமான நீரை மீண்டும் மீண்டும் காய்ச்சி வடிக்க வேண்டும். இந்த முறையில் காய்ச்சி வடிப்பதற்கான ஆற்றல் மிக அதிகமாகச் செலவாகும்.

மின் பகுப்பு முறை. அமிலத்தன்மையுள்ள நீரில் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால் நீர் மின்னாற்பகுக்கப்பட்டு ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் வளிமங்களாக மாறும். காண்க, மின்னாற்பகுப்பு

$$2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + O_2$$

இதே முறையில் H_2O உம் D_2O எனும் கனநீரும் கலந்த இயற்கை நீரை எடுத்துக் கொண்டு மின்னாற் பகுப்புச் செய்யும்போது D_2O வைவிட H_2O எளிதாக மின்னாற்பகுக்கப்பட்டு ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் வளி மங்களாக வெளியேறும். இதனால் மின்னாற்பகுப்பில் கடைசியாக எஞ்சும் நீரில் D_2O வின் விகிதம் கூடு கிறது. இந்த முறையில் மீண்டும் மின்னாற்பகுப்புச் செய்தால் D_2O வை முழுமையாகத் தனிப்படுத்தலாம்

காய்ச்சி வடித்தல் முறையைவிட இந்த முறை யில் பகுப்புத்திறன் அதிகமே ஆனாலும் நீரை மின் னாற்பகுப்புச் செய்ய ஏராளமான மின்னாற்றல் தேவைப்படுகிறது.

லேசர் ஒளி வேதியியல் முறை. ஒரு தனிமம் அல் லது சேர்மத்தில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் சில குறிப் பிட்ட அலைநீளம் உள்ள ஒளிக்கற்றைகளை மட்டும் உட்கவர்ந்து கொண்டு தூண்டப்பட்ட நிலையை அடையும். இத்தகைய தூண்டப்பட்ட நிலையில் பல மாற்றங்களும் நிகழும். இத்தகைய வேதிமாற் றங்கள் ஒளிவேதி மாற்றங்கள் எனப்படும்.

சாதாரணமாக ஒளிதரும் பொருள்கள் மிக நுட்பமான அலைநீளத்தை மட்டும் தரக்கூடிய ஒளிக் கற்றைகளைத் தரமுடியாது. ஆனால் லேசர் கற் றைகள் மிக நுட்பமான அலைநீளமுள்ள ஒளி அலை களாலேயே ஆனவை.

ஐசோடோப்களின் அணு எண் அல்லது எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்றுதான். ஆனால் அவை ஏற்கும் ஒளி அலைகளின் நீளம் அவற் றின் அணு எடையைப் பொறுத்துச் சிறிதளவு மாறு படும். இது ஐசோடோப் நகர்வு எனப்படும். மிக நுட்பமான லேசர் ஒளிக் கற்றைகளைக் கொண்டு ஐசோடோப் கலவையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அணு எடையுள்ள தனிமத்தை மட்டும் தூண்ட முடிந்தால், அதனால் ஏற்படும் வேதிவினை மாற்றத்தைக் கொண்டு அதனைப் பிரித்துவிடலாம். எடுத்துக் காட்டாக, SF_6 சேர்மத்தில் $^{32}SF_6$, $^{34}SF_6$ ஆகிய இருவகைச் சேர்ம மூலக்கூறுகளும் உள்ளன. 10.61 μm அலைநீளமுள்ள லேசர் ஒளிக்கற்றை $^{32}SF_6$ மூலக் கூறுகளை மட்டும் தூண்டும். 10.82μm அலைநீள முள்ள லேசர் ஒளிக்கற்றை $^{34}SF_6$ மூலக்கூறுகளால் மட்டுமே உட்கவரப்படும். தூண்டப்பட்ட மூலக் கூறுகள் மட்டும் வேறு வேதிவினைகளில் ஈடுபடு வதால் அவற்றை எளிதில் தனிப்படுத்த முடிகிறது. கடந்த சில ஆண்டுகளாக UF_6 வளிமத்திலிருந்து இதே முறையில் $^{235}UF_6$ மூலக்கூறுகளை மட்டும் பகுத்தெடுக்கும் முயற்சி பல நாடுகளில் நடைபெற்று வருகிறது. பொதுவாக லேசர் ஒளிக் கற்றைகளைக் கொண்டு $^{235}UF_6$ மூலக்கூறுகள் மட்டும் தூண்டப்படு கின்றன. இவை மட்டும் அயனியாவதால் சிறிதளவு மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தி இவை பகுக்கப் படுகின்றன. தூண்டப்பட்ட மூலக்கூறுகளின் ஒளி வேதியியல் மாற்றங்களைக் கொண்டும் அவற்றைப் பகுக்கலாம்.

- மி. நோயல்

ஐசோடோப் பெயர்ச்சி

ஐசோடோப்புகளின் அணுக்கருவினுள், சம அளவில் புரோட்டான்கள் இருந்தாலும், நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறுபட்டிருப்பதால், அவை ஒரே மாதிரியாக அணுக்கருவிற்குள் விரவி இருப்பதில்லை. தவிரவும் அவற்றின் நிறைகளில் சிறிய அளவில் வேறுபாடும் காணப்படுகின்றது. இதனால் அணுக் கருவைச் சுற்றி வரும் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் நிலையில் நுண்ணிய அளவில் மாற்றங்கள் ஏற்படு கின்றன. ஐசோடோப்புகளின் நிறமாலை வரிகள் இந்த மாற்றங்களையும் சுட்டிக் காட்டக் கூடியன வாக இருக்கின்றன. இரு ஐசோடோப்புகளின் அல்லது இரு ஐசோடோப் அயனிகளின் நிறமாலை யின் ஒரு வரிக்குக் காரணமாக a, b என்ற இரு ஆற்றல் நிலைகளின் இடைப் பெயர்வு ஆற்றல் (transition energy) வேறுபாட்டை

$$\triangle E_{ab} = E_{ab}(A') - E_{ab}(A)$$

எனக் குறிப்பிடலாம். இதில் A', A என்பன கருத் திற் கொண்ட இரு ஐசோடோப்களின் நிறை எண் களாகும். இதுவே ஐசோடோப் பெயர்ச்சி (isotopic shift) எனப்படும்.

ஐசோடோப் பெயர்ச்சி, பொதுவாக இரு கூறு களைப் பெற்றுள்ளது. அவை, நிறைப் பெயர்ச்சி, புலப் பெயர்ச்சி அல்லது பருமப் பெயர்ச்சியாகும்.

நிறைப் பெயர்ச்சி, இயல் நிலை நிறைப் பெயர்ச்சி (normal mass shift) மற்றும் சிறப்பு நிலை நிறைப் பெயர்ச்சி (specific mass shift) என்ற இரு கூறுகளைப் பெற்றிருக்கிறது. பொதுவாக இவ்விரு கூறுகளும், ஐசோடோப்புகளின் நிறைவேறுபாட்டுப் பின்னக் கூற்றுக்கு $\frac{(A'-A)}{A'A}$ நேர் விகிதத்தில் இருக் கின்றன. இயல் நிலை நிறைப் பெயர்ச்சி, நிறை சுருக்க எண் திருத்தமாக (reduced mass correction) அதன் மதிப்பை அனைத்து நிறமாலை வரி களுக்கான இடைப் பெயர்வுகளுக்கும் மிகு எளி தாகக் கணக்கிட்டறியலாம். சிறப்பு நிலை நிறைப் பெயர்ச்சி, அணுவில் உள்ள வெவ்வேறு இணை எலெக்ட்ரான்களின் தொடர்பு இயக்கங்களினால் ஏற்படுகின்றது. இதனால் ஓர் எலெக்ட்ரான்

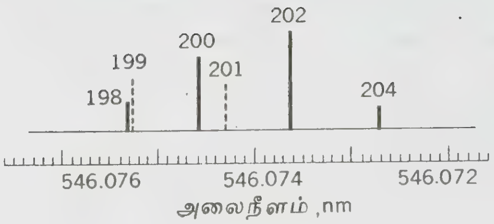
அமைப்புகளில் இதன் மதிப்பு, சுழி எனக் கொள்ள லாம். பல எலெக்ட்ரான் அமைப்புக்களுக்கு இதன் மதிப்பை நுணுக்கமாகக் கணக்கிட்டறிவது சற்றே கடினம். சில குறிப்பிட்ட நிறமாலை வரிகளுக்கான இடைப் பெயர்வுகளில், இதன் மதிப்பு இயல் நிலை நிறைப் பெயர்ச்சியை விட முப்பதுமடங்கு அதிகமாக உள்ளது.

ஐசோடோப் பெயர்ச்சியின் மற்றொரு கூறான புலப் பெயர்ச்சி, அணுக்கரு மின்னூட்டத்தின் விரவல் தன்மை, மற்றும் உருவ அமைப்பு ஆகியன வற்றைப் பொறுத்ததாக இருக்கின்றது. எளிய மூலகங்களில் $Z \leqslant 37$ நிறைப் பெயர்ச்சி, புலப் பெயர்ச்சியைவிடக் குறிப்பிடும்படியாக இருக்கின்றது. ஹைட்ரஜனின் நிறமாலையில் 0.13×10^{9} மீட்டர் அளவில் ஒரு பெயர்ச்சி, சிவப்பு முனைப் பகுதியில் உள்ள பாமர் வரிகளில் காணப்பட்டது. இது அதன் ஓரிடத்தனிமமான டியூட்ரியத்தைக் கண்டுபிடிக்கக் காரணமாக விளங்கியது.

ஓரளவு கனமான தனிமங்களில் $38 \leq Z \leq 57$ நிறை மற்றும் புலப்பெயர்ச்சிகள் இரண்டுமே, ஐசோடோப் பெயர்ச்சியில் குறிப்பிடும்படியான பங்குகொண்டுள்ளன. கன மூலகங்களில் $Z \geqslant 58$ புலப்பெயர்ச்சி, நிறைப்பெயர்ச்சியைவிடக்குறிப்பிடும் படியாக உள்ளது (படம் 1).

ஒரு தனிமத்தின், குறைந்தது அதன் இரு ஐசோடோப்புக்களின், ஐசோடோப் பெயர்ச்சி பற்றிய புள்ளி விவரங்கள் ஆய்வு மூலம் கிடைக்கக் கூடியவாக இருந்தால், 1963-ஆம் ஆண்டில் கிங் என்பவரால் விவரிக்கப்பட்ட ஒரு வரைபட முறையைப் பயன்படுத்தி, அத்தனிமத்தின் நிறைப் பெயர்ச்சி புலப் பெயர்ச்சி ஆகிய இரு கூறு களையும் தனித்தனியே மதிப்பீடு செய்ய முடியும். இவ்வாறு மதிப்பீடு செய்யப்பட்ட புலப் பெயர்ச் சியைக் கொண்டு அணுக்கருவின் கட்டமைப்பிற்குக் கற்பிக்கப்பட்ட மாதிரி அமைப்புக்களை ஆய்வு செய்ய முடியும். அணுக்கருவின் ஆரத்தையும், மின் மற்றும் காந்தப் பல் முனைத்திருப்பு திறன்களையும் (multi-pole moments) கணக்கிட முடியும். வரைபட முறை யினால் கணக்கிட்டறிந்த சிறப்பு நிலை நிறைப் பெயர்ச்சியின் மதிப்பைக் கொண்டு, அணுவின் கட்ட மைப்பு மற்றும் அதன் அகத்தே காணப்படும் இயக் கங்களில் உள்ள சார்பியல் விளைவுகள் (relativistic effects) ஆகியவற்றை ஆய்வு செய்ய முடியும்.

ஐசோடோப் பெயர்ச்சியின் புள்ளி விவரங்களை எக்ஸ்கதிர் ஆற்றல் உமிழ் எலெக்ட்ரான்களின் இடைப் பெயர்வுகளின் மூலமும், மியூயான் அணுக்களில், எக்ஸ் கதிர் ஆற்றல் உமிழ் மியூயான்களின் இடைப் பெயர்வுகளின் மூலமும் கண்டறியலாம்.



படம் 1. நிறை எண் அதிகரிக்கப் புலப் பெயர்ச்சி, நிறை பெயர்ச்சியைவிடக் கூடுதலாக உள்ளது.

- மெ. மெய்யப்பன்

ஐசோடோப் விளைவு

ஐசோடோப் அணுக்கருக்கள் கலந்திருப்பதால் ஒரு பொருளின் நிறை அல்லது நிறைப் பரவீட்டில் மாற்றம் ஏற்பட்டு அதன் விளைவாக மூலக்கூற்றின் பண்பிலோ அணுப்பண்பிலோ தோன்றும் வேறுபாடு கள் ஐசோடோப் விளைவுகள் (isotopic effects) எனப்படும். அடர்த்தி, மோலார் பருமம், நிலை மாற்ற வெப்பநிலைகள், மிகுமின் கடத்தல், படிகக் கட்டமைப்பு, வளிம நிலை விரியல் குணகங்கள் (virial coefficients) ஆகியவற்றில் ஐசோடோப் விளைவுகளால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆய்வு செய்யப்பட்டிருக்கின்றன.

பட்டை நிறமாலைகளில் ஏற்படும் ஓரிடத்தனிம விளைவுகளை 1919 ஆம் ஆண்டில் ஐம்ஸ் கண்டு பிடித்தார். அவற்றுக்கான தத்துவ அடிப்படைகளை 1925 ஆம் ஆண்டில் முல்லிகன் வகுத்தளித்தார். மூலக்கூறின் மொத்த உள்ளிட ஆற்றலின் முக்கிய ஆக்கக்கூறுகளான சுழற்சி ஆற்றல், அதிர்வு ஆற்றல், எலெக்ட்ரானிய ஆற்றல் ஆகியவை மூலக்கூறிலுள்ள அணுக்களின் நிறைகளைப் பொறுத்திருக்கின்றன. எனவே அணுக்களின் ஐசோடோப் தன்மையில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் மேற்கூறிய ஆக்கக்கூறு ஆற்றல் களைப் பாதித்து, நிறமாலை வரிகளை இடம் பெயரச் செய்யும். இதன் காரணமாக இயல்பான வரிகள், பட்டைகள் ஆகியவற்றுடன் கூடவே கூடுத லான வரிகளும் பட்டைகளும் தனியாகத் தோன்றும். ஹைட்ரஜன் குளோரைடின் சுழற்சி அதிர்வுப்பட்டை நிறமாலையில் ஒவ்வொரு வரியும் இரண்டாகத் தெரிகின்றது. அதற்கு 35, 37 ஆகிய நிறைகள்

உள்ள இரண்டு குளோரின் ஐசோயோப்கள் இருப்பதே காரணம். மூன்று வகையான பட்டை நிறமாலை களிலும் ஓரிடத் தனிம விளைவு காணப்பட்டாலும் அதன்அளவு மூன்றிலும் சமமாகஇருப்பதில்லை, ஏனெ னில் ஒவ்வொரு வகை நிறமாலையும் உண்டாக்கப் படுகிற விதம் அணுக்களின் நிறையை ஒரே அளவில் சார்ந்திருக்கவில்லை. தூய சுழற்சிப் பட்டை நிற மாலையில் ஏற்படும் ஐசோடோப் விளைவு அணுக் களின் நிலைமத் திருப்புதிறனில் ஏற்படும் மாற்றத்தின் காரணமாக ஏற்படுகிறது. சுழற்சி அதிர்வுப் பட்டை யில் ஏற்படும் ஐசோடோப் விளைவு முக்கிய மாக மூலக்கூறின்அலைவு அதிர்வெண்ணில் ஏற் படும் மாற்றத்தின் காரணமாக உண்டாகிறது.

HCl இன் சுழற்சி - அதிர்வுப் பட்டைகளில் தோன்றும் ஐசோடோப் விளைவுகளை ஆய்வு செய்ததிலிருந்து குளோரினுக்கு 35, 37 என்ற நிறைகளுள்ள இரண்டு ஐசோடோப்களிருப்பது உறுதியாகியிருக்கிறது. அதேபோல 39 என்ற நிறை யுள்ள குளோரின் ஐசோடோப் இல்லை என்பதும் மெய்ப்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஹார்டி, பார்க்கர் டென்னிசன் ஆகியோர் HCl இன் சுழற்சி-அதிர்வுப் பட்டைகளை ஆய்வு செய்து ஹைட்ரஜனுக்கு H-I, D−2 என்ற இரண்டு ஐசோடோப்கள் இருப்பதை மெய்ப்பித்தனர். அதன் மூலம் டியூட்ரியத்தின் நிறையையும் கணக்கிட முடிகிறது,

தூய சுழற்சிப் பட்டைகளில் சுழற்சி வரியின் அதிர்வெண் சுழலும் மூலக்கூறின் நிலைமத் திருப்பு திறனுக்குத் தலைகீழ் விகிதத்தில் உள்ளது. நிலைமத் திருப்புதிறன் $I = \mu d^2$. இதில் μ என்பது தொகு பயன் நிறை. d என்பது அணுக்கருக்களுக்கு இடை யிலுள்ள தொலைவு. எனவே வரியின் அதிர்வெண் μd^2 -க்குத் தலைகீழ் விகிதத்தில் இருக்கும். ஐசோடோப் விளைவின் காரணமாக d மாறாது என்றே கருதலாம். எனவே அதிர்வெண்ணில் ஏற் படுகிற மாற்றம் அணுக்கருவின் நிறையில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தின் காரணமாகவே உண்டாகும். ஓர் ஈரணு மூலக்கூறில் உள்ள ஓர் அணுவுக்கு இரண்டு ஐசோ டோப்கள் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அவை அடங்கிய இரண்டு மூலக்கூறுகளின் தொகுபயன் நிறைகள் μ_1, μ_2 என்க.

γ என்ற அதிர்வெண்ணுள்ள வரி ஐசோடோப் விளைவினால் இரண்டாகப் பிரியும். அவற்றுக்கு இடையிலுள்ள அதிர்வெண் வேறுபாடு

$d\gamma = \left(1 - \frac{\mu_1}{\mu_2}\right)\gamma$ இதிலிருந்து ஐசோடோப் விளைவு μ_1/μ_2, γ ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது என்று தெரிகிறது. மிகலேசான தனிமங்களைத் தவிர மற்றவற்றுக்கு μ_1/μ_2 ஏறக்குறைய ஒன்றுக்குச் சமம். γ என்பது ஒரு குவாண்டம் நிலையிலிருந்து இன்னொரு குவாண்டம் நிலைக்குச் சுழற்சி ஆற்றலில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் குறிக்கிறது. சுழற்சி ஆற்றல் மிகச்சிறியது. எனவே γ உம் மிகச்சிறியதாகவே இருக்கும். எனவே தூய சுழற்சி வரிகளில் ஐசோடோப் விளைவினால் ஏற்படும் பிரிகை மிகச் சிறியதாக இருக்கும். அதைக் கண்டுபிடிப்பது கடினம். அதிக நிறையுள்ள ஐசோடோப்பால் ஏற்படும் வரி அதிக அலைநீளமுள்ளதாக இருக்கும். ஐசோடோப் விளைவினால் வரிகளில் ஏற்படும் பிரிகையிலிருந்து ஐசோடோப்களின் நிறைகளைக் கணக்கிடலாம். அவ்வரிகளின் செறிவுகளை அளவிட்டு ஐசோடோப் களின் சார்பளவுகளைக் கணக்கிடலாம். ஆனால் இத்தகைய பட்டை நிறமாலைகள் தொலைக் கீழ்ச் சிவப்புப் பகுதியில் அமைந்து விடுவதால் தூய சுழற்சிப் பட்டைகளில் ஐசோடோப் விளைவுகளை ஆய்வு செய்ய முடிவதில்லை. நுண்ணலை நிறமாலை மானிகளின் உதவியால் மூலக்கூறுகளின் தூய சுழற்சி உட்கவர் நிறமாலைகளை நேரடியாக ஆய்வு செய்ய முடிந்திருக்கிறது. இதன் மூலம் நிறை மிக்க ஐசோ டோப்களின் நிறைகளை நுட்பமாகக் கண்டு பிடிக்க முடியும். நுண்ணலை நிற மாலை முறை, செலவு குறைந்ததாகவும், பின்னணி ஒளிகளாலும் மாசுகளா லும் பாதிக்கப்படாததாகவும் இருக்கிறது.

அதிர்வு நிறமாலையில் அதிர்வெண், நிறையின் இருமடி மூலத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலுள்ளது. ஐசோடோப் மூலக்கூறுகளின் நிறைகள் வேறுபட்டி ருப்பதால் அவற்றின் அதிர்வெண்கள் வெவ்வேறா யிருக்கும். அதிக நிறையுள்ள ஐசோடோப் மூலக் கூறின் அதிர்வெண்கள் குறைவாகவும் குறைந்த நிறையுள்ளதன் அதிர்வெண்கள் அதிகமாயும் இருக் கும். அதிர்வு நிறமாலையில் ஐசோடோப் விளை வினால் ஏற்படும் அதிர்வெண் மாற்றம் சுழற்சி நிற மாலையில் ஏற்படுவதை விடப் பன்மடங்கு அதிகம். HCl மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி அதிர்வுப் பட்டைகளில் HCl-35 வரியின் குறைந்த அதிர்வெண் பக்கத்தில் செறிவுகுறைந்த HCl -37 துணை வரி தென்படுகிறது. அவற்றின் செறிவுகளை ஒப்பிட்டதிலிருந்து Cl -35 அணுக்கள் Cl -37 அணுக்களை விட மூன்று மடங்கு அதிகமாயிருப்பதும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. எலெக்ட்ரானியப் பட்டைகளில் மூன்று விதமான ஐசோடோப் விளைவுகள் வெளிப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரானிய ஐசோடோப் விளைவு மிகச் சிறிய அளவில் ஏற்படுகிறது. அதைப்பரிசோதனை மூலம் கண்டுபிடிப்பது கடினம். ஐசோடோப் மூலக்கூறுகளின் எலெக்ட்ரானியப்பட்டை நிறமாலையில் ஒவ்வொரு வரிக்கும் மிகு நுண் கட்டமைப்பைப் போன்றதொரு அமைப்பு இருக்கலாம்.

எலெக்ட்ரானிய ஐசோடோப் விளைவு மிகவும் குறைவாக இருப்பதால் எலெக்ட்ரானியப் பட்டை நிறமாலைகளில் மொத்த ஐசோடோப் விளைவு, அதிர்வு மற்றும் சுழற்சி ஐசோடோப் விளைவுகளின் இயல் கூட்டுத்தொகையாக இருக்கும். அதிர்வு

ஐசோடோப் விளைவு சுழற்சி ஐசோடோப் விளைவை விட மிகவும் பெரியது. ஒரு குறிப்பிட்ட பட்டையிலுள்ள வரிகளுக்கு அது மாறிலியாக இருக்கும். ஆனால் அடுத்தடுத்த பட்டைகளில் அதன் மதிப்பு நேர் போக்காக அதிகமாகும்.

HCl இன் சுழற்சி-அதிர்வுப் பட்டைகளின் ஆய்விலிருந்து குளோரினுக்கு 35,37 என்ற நிறைகளுள்ள இரண்டு ஐசோடோப்கள் உள்ளன என்பதும் 39 என்ற நிறையுள்ள ஐசோடோப் இல்லை என்பதும் ஐயமற மெய்ப்பிக்கப்பட்டன. எலெக்ட்ரானியப் பட்டை நிறமாலையைப் பகுப்பாய்வு செய்ததன் மூலம் பல புதிய, அரிய ஐசோடோப்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வளிமண்டல ஆக்சிஜனின் சிவப்புப்பட்டைகளை ஆய்வு செய்ததன் மூலம் O-16, O-17, O-18 ஆகிய ஐசோடோப்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. மேலும் O-16-ஐப் போல 1250 பங்கு குறைந்த அளவில் O-17-உம், 10000 பங்கு குறைவான அளவில் O-18 உம் நிறைந்திருக்கின்றன என்பதும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அத்துடன் O-16இன் நிறை 16 என்ற அடிப்படையில் O-17, 17.0029 என்ற நிறையும், O-18, 18,0065 என்ற நிறையும் உள்ளவை என்பதும் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

அணு நிறமாலைகளில் ஐசோடோப் விளைவு அணுக்கரு நிறையில் ஏற்படும் மாற்றம் மூலமாகவும் அணுக்கருத் தற்சுழற்சியில் தோன்றும் மாற்றத்தின் மூலமாகவும் வெளிப்படுகிறது. அணுநிறமாலைகளில் காணப்பட்ட ஐசோடோப் விளைவு மிகவும் சிறிய அளவில், அதிகச் சிக்கலுடையதாகக் காணப்பட்டது. ஹைட்ரஜன் நிறமாலையின் பாமர் வரிகளில் ஐசோடோப்களால் உண்டாகும் துணை வரிகளைப் பகுப்பாய்வு செய்ததன் மூலம் யூரி என்பாரும் அவருடைய கூட்டாய்வர்களும் டியூட்ரியத்தைக் கண்டு பிடித்தனர். அதிகமான அணு எண் கொண்ட தனிமங்களில் கூட ஐசோடோப் விளைவு ஏற்படுவதை ஷீலர் (Schuler) ஆகியோர் கண்டுபிடித்தனர். நிறைமிக்க அணுக்கருக்களுக்குத் தற்சுழற்சி விளைவு மேம்பட்டிருக்காது. எனவே அவற்றின் நிறமாலைகளில் தோன்றும் துணை வரிகள் ஐசோடோப் விளைவால் மட்டுமே தோன்ற முடியும். அத்துடன் அணுக்கருவின் நிறை அதிகமாகும் போது அதன் ஆரம் அதிகரிப்பதையும் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும் என பாலிங், கூட்ஸ்மித்பார்ட்லட்ஆகியோர் காட்டியிருக்கின்றனர். சீமென் விளைவிலும் (Zeeman effect) ஐசோடோப்களின் தாக்கம் வெளிப்படுகிறது.

அணுக்கருப் பரிமாணங்களைக் கணக்கிடுவதில் ஐசோடோப் விளைவு பயன்படுகிறது. ஓர் அணுவில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல்கள் அணுக்கருவிலுள்ள மின்பரவீட்டைப் பொறுத்திருக்கின்றன. இரண்டு ஐசோடோப் அணுக்களில் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை சமமாக இருந்து, ஆனால் ஒன்றில் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மற்றதில் இருப்பதைவிட ஒன்றிரண்டு கூடுதலாக இருந்தால், இரண்டு அணுக்களிலுமுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல்களில் மிகச்சிறிய வேறுபாடு இருக்கும். இதன் காரணமாக நிறமாலை வரியில் சிறிய நுண் கட்டமைப்புகள் தோன்றும். அவற்றை நிறமாலை முறைகளின் மூலம் அளவிட்டு, ஆற்றல் வேறுபாடுகளைக் கணக்கிடலாம். இதன் அடிப்படையில் நியூட்ரான்களின் கூடுதல் எண்ணிக்கையால் அணுக்கருவின் பருமத்திலும் ஆரத்திலும் ஏற்பட்ட அதிகரிப்புகளைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

-கே.என். ராமசந்திரன்

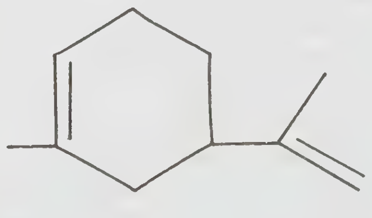
ஐசோப்ரின்

இது ஐந்து கார்பன் அணுக்களையுடைய கீழ்க்காணும் அமைப்பைக் (I) கொண்ட ஒன்றுவிட்ட டைஒலிஃபீன் அல்லது டையீன் ஆகும். இதன் மூலக்கூறு அமைப்பு,

$$H_2C=\underset{|}{\overset{CH_3}{C}}-CH=CH_2 \qquad \ldots(I)$$

டெர்ப்பீன்கள் என்ற கரிமச் சேர்மங்கள் ஐசோப்ரீன் அலகின் மடங்குகளாகும். இது இயற்கையில் கிடைப்பதில்லை. வளிம எண்ணெய் நாப்தா, ரப்பர் இவற்றைச் சிதைத்துக் காய்ச்சி வடித்தால் ஐசோப்ரீனைப் பெறலாம். டைபென்டேன் எனப்படும் கரிமச் சேர்மத்தை வினையூக்கி கொண்டு சிதைக்க ஐசோப்ரீன் உண்டாகிறது.

இது ஒரு நிறமற்ற நீர்மம்; இதன் கொதிநிலை 34.1°C. டையீன்களுக்கு உரிய வினைகளில் இச்சேர்மம் ஈடுபடுகிறது. ஐசோப்ரின் எளிதில் பல்லுறுப்பு வினைக்குட்பட்டு ஈருறுப்புச் சேர்மங்களையும், உயர் மூலக்கூறு எடையுடைய ரெசின்களையும் கொடுக்கிறது. ஐசோபுரோப்பினைல்



...(II)

மெத்தில் சைக்ளோஹெக்சீன் (II) இதன் முக்கிய ஈருறுப்பியாகும்.

ஐசோப்ரீனின் பல்லுறுப்பாகும் தன்மை ஆக்சிஜன் இல்லாத நிலையில் குறையும். மேலும் மூவிணைய பியூட்டைல் கேட்டகால் போன்ற வினை தடுப்பானைப் பயன்படுத்தியோ வெப்பநிலையைக் குறைத்தோ பல்லுறுப்பாகும் தன்மையைக் குறைக்கலாம். செயற்கை முறையில் பியூட்டைல் ரப்பர் தயாரிக்க இது பயன்படுகிறது.

- த. தெய்வீகன்

ஐசோபெரினாய்டு

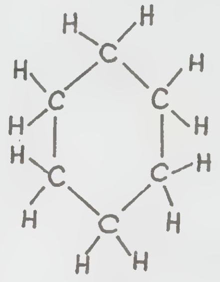
தாவர, விலங்கினங்களில் உண்டாகும் ஐசோப்ரின் வகைச் சேர்மங்கள் ஐசோபெரினாய்டுகள் (isoperenoids) என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன. டர்ப்பென்ட்டைன் என்ற சொல்லிலிருந்து பெறப்பட்ட டெர்ப்பீன் அல்லது டெர்ப்பீனாய்டு என்பது ஐசோபெரினாய்டுகள் கலந்த கலவையாகும். தாவரங்களில் ஐசோபெரினாய்டுகள் எளிதில் ஆவியாகும் எண்ணெய்களிலும் ஜிபெரலிக் அமிலம் போன்ற வளர்ச்சியைத் தடுக்கும் ஹார்மோன்களிலும், சிவப்பு, மஞ்சள், ஆரஞ்சு போன்ற நிறமிகளிலும் (கரோட்டினாய்டுகள்) இருக்கின்றன. தாவரங்களில் காணப்படும் சில அல்க்கலாய்டுகளைப்போல், அவற்றின் பச்சை நிறத்திற்குக் காரணமான குளோரோஃபில் என்ற நிறமியும் ஓரளவு ஐசோபெரினாய்டே ஆகும். விலங்குகளில் ஐசோபெரினாய்டுகள் பல்வேறு எண்ணெய் மற்றும் மெழுகுகளிலும், முட்டை மஞ்சள் கரு போன்றவற்றிலும் இருக்கின்றன.

விலங்கினங்களில் வளர்சிதைமாற்றங்களுக்கு ஐசோபெரினாய்டுகள் முக்கிய பங்காற்றுகின்றன. வைட்டமின்கள் A, E, K முதலானவை முழுமையாகவோ ஓரளவோ யுபிகியூனோன்களைப் (சகநொதிகள் Q) போன்று ஐசோபெரினாய்டு மூலக்கூறு அமைப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. பூச்சியினங்களில் சில ஐசோபெரினாய்டு சேர்மங்கள் அவற்றின் முழு வளர்ச்சிக்கும் இனப்பெருக்கத்திற்கும் எதிரிகள் தாக்க வரும்போது எச்சரிக்கவும் பயன்படுகின்றன. ஸ்டீராய்டுகள் என்கிற தாவர, விலங்கினங்களில் முக்கியமான சேர்மங்கள் ஐசோபெரினாய்டுகள் அல்ல. பொருளாதார அடிப்படையில் முக்கியமாகக் கருதப்படும் ஐசோபெரினாய்டுகளில் டர்பென்ட்டைன், ரோசின், கற்பூரம், மெந்த்தால், இயற்கை ரப்பர் ஆகியன அடங்கும்.

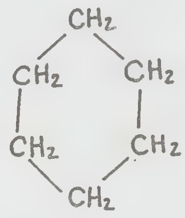
ஐசோபெரினாய்டுகள்மிகவும் சிக்கலான மூலக்கூறு அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளமையால் இவற்றின் அமைப்பைப் பற்றித் தெளிவான முறையில் எடுத்துக் கூறப் பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியிலிருந்தே கரிம வேதியல் வல்லுநர்கள் முனைந்தனர். தொடக்க காலத்தில் மோனோடெர்ப்பீனாய்டுகள் எனப்படும் பத்துக் கார்பன் அணுக்களைப் பெற்றிருக்கும் ஐசோபெரினாய்டுகளைப் பற்றிய மூலக்கூறு அமைப்புகள் அறியப்பட்டன. பின்னர் ஐசோபெரினாய்டுகளின் அமைப்பை அறியத் தேவையான நுட்பமுறைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இதனால் 15-40 வரை கார்பன் அணுக்களைப் பெற்ற ஐசோபெரினாய்டுகளைப் பற்றி விவரமான ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. 1887 இல் ஆட்டோ வாலாக் என்ற ஜெர்மன் அறிவியலார் பத்துக் கார்பன் அணுக்களைக் கொண்ட மேனோடெர்ப்பீனாய்டுகளில் கார்பன் அணுக்கள் பல்வேறு அமைப்பு மாற்றங்களில் இருக்கலாம். இவ்வாறே பதினைந்து கார்பன் அணுக்களைக் கொண்ட செஸ்க்வி டெர்ப்பீனாய்டுகளிலும் பல்வேறு அமைப்பு மாற்றங்கள் இருக்கலாம் என்று கூறினார். வாலாக் ஐசோப்ரின் விதி என்ற ஒரு புது முறையை உண்டாக்கினார்; இவ்விதியின்படி ஐசோபெரினாய்டுகளின் அமைப்புகளை எளிதில் அறிய முடிந்தது. இருபதாம் நுற்றாண்டின் நடுவில் உயிரியல் வகைகளில் (biolog cal systems) ஐசோபெரினாய்டுகளின் மூலம், இயற்கையில் கிடைக்கும் பிற பொருள்களுடன் அவற்றிற்கான தொடர்பு, தாவர, விலங்கினங்களில் அவற்றின் உயிரியல் விளைவுகள் (physiological effects) ஆகியவைபற்றிய உண்மைகளை ஆராயும் முயற்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது.

அமைப்பு. ஐசோபெரினாய்டுகளில் காணப்படும் அமைப்புகளில் சாதாரணமாகக் காணப்படுவது ஆறு கார்பன் அணுக்களைக் கொண்ட வளையமாகும். இவ்வகையில் அடிப்படை அமைப்பைக் கொண்ட எளிய சேர்மம் வளைய ஹெக்சேன்: இது ஐசோபெரினயாய்டு அன்று. 1 இல் குறிப்பிட்டுள்ளவாறு இதைக் குறிக்கலாம், மேலும் படம் 2, 3இல் குறிப்பிட்டுள்ளவாறும் குறிக்கலாம்.

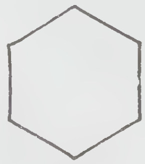
இச்சேர்மங்களில் ஆறு கார்பன் அணுக்களும் ஒரே தளத்தில் இல்லாமல் படம் 4, 5 இல் காட்டியுள்ளவாறு அமைகின்றன. கார்பன் கூடு (carbon skeleton) என்ற தொடர் மூலக்கூறு கார்பன் அணுக்கள் எவ்வாறு பிணைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதைக் குறிக்கிறது; அதில் இணைந்திருக்கும் மற்ற அணுக்களையோ, நிறைவுறாப் பிணைப்புகளையோ அது குறிப்பதில்லை. பல்வேறு வேதி வினைகளில் கார்பன் அணுக்களுக்கிடையேயான பிணைப்புகள் முறிவடைவதில்லை. எனவே கார்பன் கூடு மாறுவதில்லை. பல ஐசோபெரினாய்டு சேர்மங்களில் மூன்று, நான்கு, ஐந்து கார்பன் அணுக்களைக் கொண்ட வளையக் கூடுகள் மூலக்கூறு அமைப்பாக இருக்கின்றன. இவ்வகையான சேர்மங்களில் கார்பன்-கார்பன் அணுக்களுக்கு



(1)

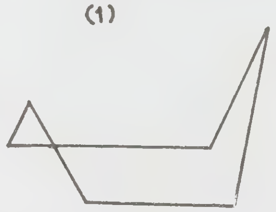


(2)

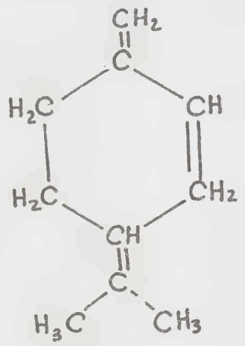


(3)

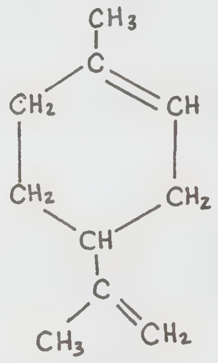
(4)



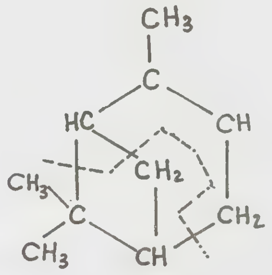
(5)



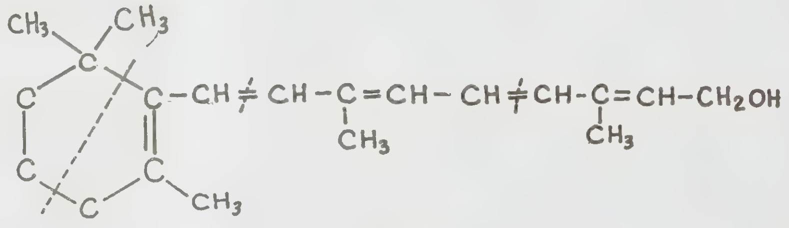
(6)



(7)



(8)



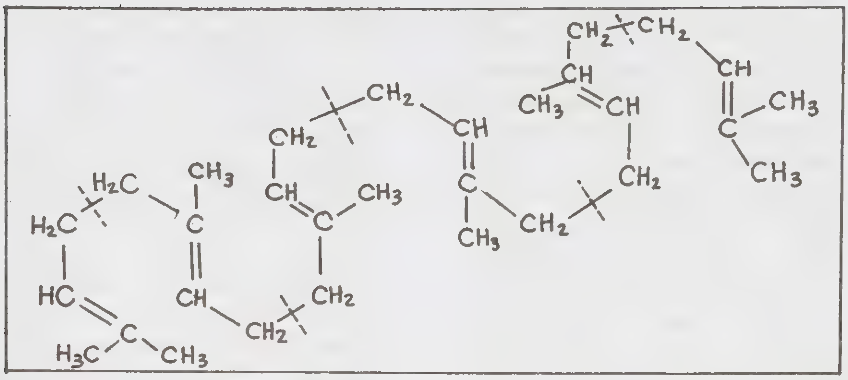
(9)

இடையேயான பிணைப்புக் கோணங்கள் நிலைத்த கார்பன் சேர்மங்களில் காணப்படும் பிணைப்புக் கோணத்தை விடக் குறைவாக இருப்பதால் இவை எளிதில் பிளவுபடுகின்றன. ஐசோ பெரினாய்டுகளை ஆய்வுசெய்யும்போது கார்பன் கூடுகள் அமைப்பு மாற்றமடைவது முதன் முதலாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது; இதனால் ஏற்பட்ட குழப்பம் அதன் காரணத்தை அறிந்தபோதுதான் தீர்ந்தது.

வகைப்பாடு. ஐசோபெரினாய்டுகளில் இருக்கும் ஐசோப்ரின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து அவை வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. இவை ($C_{10}H_{16}$) என்ற எளிய வாய்பாட்டைக் கொண்ட ஆவியாகும்தைலங்களிலிருந்து 4000ஐசோப்ரின்மூலக் கூறுகள் முதலாக இயற்கை ரப்பர் வரை வேறுபடு கின்றன. இதன் வகைகள்: மோனோடெர்ப்பீன்கள் ($C_{10}H_{16}$); செஸ்க்வி டெர்ப்பீன்கள் ($C_{15}H_{24}$); டைடெர்ப்பீன்கள் ($C_{20}H_{32}$); ட்ரைடெர்ப்பீன்கள் ($C_{30}H_{49}$); டெட்ராடெர்ப்பீன்கள் ($C_{40}H_{68}$); பாலி டெர்ப்பீன்கள் $(C_5H_8)_n$ ஐசோபெர்னாய்டுகள்

```
 1    2    3    4
 C —C —C —C
      |
      C
```

என்ற கார்பன் கூட்டைப்பெற்ற ஐசோப்ரின் மூலக்கூறுகள் தலை-வால் (head to tail) என்ற அமைப்பினால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. பல் வேறு வகைகளில் ஏற்படும் கூடுதல் பிணைப்புகளி னால் ஒரு வளைய (monocyclic) இரு வளையம் (bicyclic), போன்ற பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. சான்றாக, மிர்சீன் (6) என்ற வளையமில்லா மோனோ டெர்ப்பீனும். லீமினின் (7) என்ற ஒரு வளைய மோனோடெர்ப்பீனும், α பைனீன் (8) என்ற இருவளைய மோனோ டெர்ப்பீனும், ஆக்சிஜ னேற்றம் பெற்ற ஒரு வளைய டெர்ப்பீனா வைட்டமின் A (9)யும் அடங்கும். மேலேக் குறிப் பிட்டுள்ள அமைப்புகளில் ...... (புள்ளிக்கோடு) என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளவை ஐசோப்ரின் மூலக்கூறுகளைப் பிரித்துக் காட்டக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பெரும்



பாலான ட்ரை மற்றும் டெட்ரா டெர்ப்பீன்கள் வால்-வால் (tail to tail) பிணைப்புகளினால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஸ்குவாலின் (10) என்கிற முக்கிய ட்ரைடெர்ப்பீன் ஹைட்ரோகார்பன் படம் மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் குறிப்பிடப் பட்டுள்ள அம்புக்குறி இரு செஸ்க்விடெர்ப்பீன் பகுதிகள் இணைந்திருப்பதைக் குறிக்கின்றன.

இயற்கையில் கிடைப்பு. ஐசோபெரினாய்டுகள் தாவர, விலங்கினங்களில் சம அளவில் பரவி இருப்ப தில்லை; ஆனால் இவற்றில் சில வகைகள் திசுக்களில் காணப்படுகின்றன. ஆவியாகும் மணத்தைலங்களான பெரும்பாலான பொருள்கள் மோனோ மற்றும் செஸ்க்வி டெர்ப்பீன் ஹைட்ரோகார்பன்களும் அவற் றின் ஆக்சிஜனேற்றம் பெற்ற பெறுதிகளான ஆல்க ஹால்கள், கீட்டோன்கள், ஆல்டிஹைடுகள் போன்ற வையுமாகும், மெந்தால், சிட்ரால், கற்பூரம், லிமனின் α- பைனீன் போன்றவை இவ்வகையில் அடங்கும். பைன் மரவகைகளிலிருந்து பெறப்படும் ஆவியாகாத ரெசின்கள் டைடெர்ப்பீன் கார்பாக்சிலிக் அமிலங் களைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை அபீட்டிக், பால்ஸ்ட்ரிக் எலியோட்டினாயிக் என்ற மூன்று வகை களில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

மீன்கள் மற்றும் வேறு விலங்கினங்களின் கல்லீரல் பெரும்பாலும் வளையமில்லா ட்ரைடெர்ப்பினாய்டு ஹைட்டோகார்பன் பிரிவைச் சேர்ந்த ஸ்குவாலின் என்ற டெர்ப்பீன் மிக்க எண்ணெயைக் கொண்டுள் ளன. டெட்ரா டெர்ப்பீன் ஹைட்ரோகார்பன்களும், அவற்றின் ஆக்சிஜனேற்றப் பெறுதிகளும் தாவர, விலங்கினங்களில் காணப்படும் கரோட்டீன் வகை நிறமிகளாக உள்ளன.

சிறப்பு. ஐசோபெரினாய்டுகளின் உயிரியல் பண்பு களைப்பற்றிச் சரிவரத் தெரியவில்லை. தாவர விலங் கினங்களில் ஸ்டீராய்டுகள் உருவாதலின் இடை நிலைப் பொருள்களாகவும், விலங்கினங்களில் இந்த ஸ்டிராய்டுகள் முக்கிய உயிரியல் வினைகளை நிறை வேற்றுவனவாகவும் பயன்படுகின்றன. தாவரங்களில், டெட்ராடெர்ப்பீன் கரோட்டீனாய்டு நிறமிகள் ஒளிச் சேர்க்கையின் போது குளோரோஃபில் நிறமியுடன் சேர்ந்து பங்காற்றுகின்றன. இதே வகை நிறமிகள் விலங்கினங்களில் வைட்டமின் A தயாரிப்பில் ஈடு படுகின்றன. மேலும் இவ்விட்டமின் இனப்பெருக்கம், வளர்ச்சி ஆகியவற்றிற்கும் தேவைப்படுகிறது. இதே போல் ஐசோபெரினாய்டு அமைப்பை முழுதுமாக அல்லது ஓரளவு கொண்ட மற்ற வைட்டமின்கள் இனப்பெருக்கத்திற்குத் தேவையான வைட்டமின் Eயும் இரத்தம் உறைதலில் முக்கிய பங்காற்றும் வைட்டமின் K யும் ஆகும். தாவரங்களில் மோனோ மற்றும்செஸ்குவி டெர்ப்பீன் என்ன பங்காற்றுகின்றன என்பதைப் பற்றித் தெளிவாகத் தெரியாவிட்டாலும் அவை பூச்சியினங்களைக் கவர்ந்திழுக்க உதவுகின்றன என்று அறியப்பட்டுள்ளது. ஐசோபெரினாய்டுகள் மணத்தைலங்களாகவும் மருந்துப் பொருள்களாகவும் பயன்படுகின்றன. அம்பர் என்கிற ஐசோபெரினாய்டு ரெசினைப் பழங்காலத்திலேயே மக்கள் அறிந்திருந் தனர். டர்பென்டைன் என்ற ஐசோபெரினாய்டு தொடக்க காலங்களில் கரைப்பானாகப் பயன் பட்டது. பின்னர் அதிலிருந்து வேதிவினை முறை களால் பயன்படும் தனித்தனி பொருள்கள் தயாரிக் கப்பட்டன. டர்பென்டைனிலிருந்து பெறப்படும் பொருள்களில் வாசனைப் பொருள்களுக்குத் தேவை யான பொருள்கள், வைட்டமின் A, உயவு சேர்க்கைப் பொருள்கள் (lubricant additives), பூச்சிக்கொல்லிகள் ஒட்டும் பொருள்களில் (adhesives) பயன்படுத்தப்படும் ரெசின்கள், தொழிலக வேதிவினைப் பொருள்கள் ஆகியன அடங்குகின்றன. ரோசின் அதிக வினையில் லாத கோப்புகள் மற்றும் மேற்பூச்சுத் தயாரிப்புகளில் பயன்படுகின்றன.

பிரித்தெடுத்தலும், கண்டறிதலும். இயற்கை மூலங் களிலிருந்து ஐசோபெரினாய்டுகளைப் பிரித்தெடுக்கப் பல்வேறு முறைகள் உள்ளன. டெர்பினாய்டுகளை இயற்பியல், வேதிப் பண்புகளைப் பொறுத்தும், எந்த அளவில் அவை பரவியுள்ளன என்ற அவற்றின் ஏராளத் தன்மைகளைப் பொறுத்தும் பிரித்தெடுக்கும் முறைகள் மாறுபடுகின்றன. டர்பென்ட்டைன் போன்ற எளிதில் ஆவியாகும் பொருள்கள் ஒலியோ ரெசின்களைக் காய்ச்சி வடிப்பதாலும் பைன் மரக் கூழிலிருந்து காகிதம் தயாரிக்கும் போது கிடைக்கும்

டால் எண்ணெய்த் (tall oil) துணைப்பொருளைக் குறைந்த அழுத்தத்தில் பின்னக் காய்ச்சி வடிப்ப தாலும் ரோசின் அமிலங்களும், கொழுப்பு அமிலங் களும் பெறப்படுகின்றன. பூச்சியின ஹார்மோன்கள் போன்று அரிதாகக் கிடைக்கக்கூடிய பொருள்களை நிறச்சாரல்பிரிகை (chromatography) மூலம் பிரித் தெடுக்கலாம். வெப்பத்தால் பாதிப்படையும் பூக் களின் இதழ்களிலிருந்து பெறப்படும் நறுமணத் தைலங்கள் என்ஃப்ளூரேஜ் (enf eurage) எனப்படும் சிக்கலான முறையில் பெறப்படுகின்றன. இதில் தூய் மையாக்கப்பட்ட கொழுப்புத் தூளுடன் பூக்களின் இதழ்கள் சேர்த்து நன்றாகக் கலக்கி வைக்கப்படும். இதனால் பூக்களிலுள்ள மணத்தைலங்கள் கொழு ப்பில் கரையும்.பின்னர் ஆல்காஹாலுடன் சேர்ந்து கழுவும் போது அவை ஆல்கஹால் கரைந்து காய்ச்சி வடிப்பதால் தனித்தனியே பிரித்தெடுக்கப் படுகின்றன. காண்க, ஆவியாகும் தைலங்கள்.

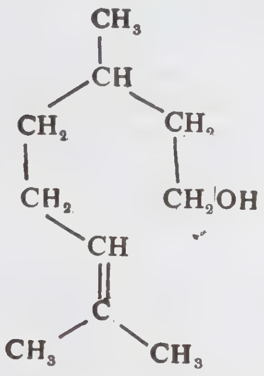
ஐசோபெரினாய்டுகளைக் கண்டறியும் ஆய்வில் மற்ற கரிமச் சேர்மங்களைக் கண்டறியப் பயன் படுத்தப்படும் முறைகள் பயன்படுகின்றன. இதன் மூலம் அணுக்களின் எண்ணிக்கை, எந்தெந்தத்தனிமங் கள் அணுக்களைப் பிணைத்துள்ளன, எத்தகைய பிணைப்புகள் அணுக்களைப் பிணைத்துள்ளன, மூலக்கூறின் முப்பரிமாண அமைப்பு ஆகியவற்றை அறியலாம். இதற்குச் சேர்மங்களைத் தூய்மைப்படுத் தல், அணுக்களைக் கண்டறிதல், அமைப்பைக் கண்டறிதல் ஆகியவற்றிற்கான ஆய்வுகளைச் செய்தல் வேண்டும்.

தூய்மையாக்கல். ஐசோபெரினாய்டுகளை அவற் றின் இயற்பியல் பண்புகளான உருகுநிலை, கொதி நிலை, கரைதிறன் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி பல்வேறு முறைகளில் தூய்மையாக்கலாம். இம்முறை களில் அவற்றின் வேதிப் பண்புகள் சாதகமாகவோ பாதகமாகவோ அமையலாம். சான்றாக, காய்ச்சி வடித்தல் அல்லது பதங்கமாதல் ஆகிய முறைகளில் டெர்ப்பின்களைத் தூய்மையாக்கும்போது வெப்பத் தால் பாதிப்படையும் பொருள் தூய்மையடைவ தற்குப் பதிலாகச் சிதைவடைகின்றன. மாறாக இயற்பியல் பண்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட தூய்மையாக்கும் முறைகளினால் ஒத்த இயற்பியல் பண்புகளையுடைய சேர்மங்கள் சீராகப் பிரிகை யடைவதில்லை. சில சமயங்களில் இத்தகைய கலவைகளை வேதி முறைப்படி புதிய கலவையாக மாற்றினால் அக்கலவை எளிதில் பிரிகையடைவதாக உள்ளன. இவ்வாறு பிரிகையடைந்த கூறுகளை அதன் மூலச் சேர்மங்களாக மாற்ற இயலும். பொதுவாகத் திண்மச் சேர்மங்களைப் படிகமாக்கல் முறையில் தூய்மைப்படுத்தலாம். எளிதில் ஆவியாகும் சேர்மங்கள் (திண்ம அல்லது நீர்ம) காய்ச்சி வடித்தலி னால் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. சிறிதளவே வேற்றுப் பொருள்கள் கலந்துள்ள எளிதில் ஆவியாகாத திண்ம நீர்மங்களை நிறச்சாரல் பிரிகை மூலம் பிரித்தெடுக்க லாம். சிறிதளவே வேற்றுப் பொருள் கலந்திருந்த போதும் வேதி கண்டறியும் முறைகளில் மிகவும் சிக்கலான பிரச்சினைகளை உண்டாக்கி விடும். எனவே சேர்மங்கள் மிகவும் தூய்மையாக இருக்க வேண்டும். மிகத் தூய்மையான சேர்மங்களைப் பெற, தொடர்ச்சியான பிரித்தெடுக்கும் முறைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

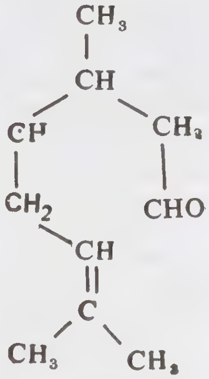
பகுப்பாய்வு. ஐசோபெரினாய்டு தனிம ஆய்வுகளில் பெரும்பாலானவை எளியவை; ஏனெனில் இவை ஹைட்ரோகார்பன்களாக உள்ளன. அளவறி பகுப் பாய்வில், கார்பன்-ஹைட்ரஜன்களை அளவறியும் முறையை 19 ஆம் நூற்றாண்டிலேயே அறிவியலார் அறிந்திருந்தனர். இதில் இணைந்திருக்கும் மற்றொரு தனிமம் ஆக்சிஜன் ஆகும். இது பண்பறி பகுப்பாய்வு களில் இடையீடு உறுவதில்லையாயினும் இதை நேரடி ஆய்வு மூலம் கண்டறிவது கடினமாகும்.

அமைப்பை அறிதல். ஐசோபெரினாய்டுகளின் அமைப்பை அறிவதில் பல சிக்கல்கள் உள்ளன. மோனோடெர்ப்பினாய்டுகளை முதன் முதலில் கண்டுபிடித்தபோது அவற்றின் அமைப்புகளைக் கண்டறிய வேதிவினைகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஆய்வு முறைகளே பெரும்பாலும் பயன் படுத்தப்பட்டன. நவீன ஆய்வுமுறைகளில் பெரும்பா லானவை மூலக்கூறு அமைப்பிற்கும் இயற்பியல் பண்புகளுக்கும் உள்ள தொடர்பைச் சார்ந்து அமைந் துள்ளன. புறஊதா, கட்புலன், அகச்சிவப்புக் கதிர் வீச்சு ஆய்வுகள் மூலக்கூறில் அமைந்திருக்கும் அணுக்களையும், அவற்றின் அமைப்பையும் அறிய உதவுகின்றன. மேலும் எக்ஸ் கதிர் ஆய்வுகள், நிறை நிரலியல் நுட்பங்கள். ஒளிச் சுழற்சித் திறனறிதல் ஆகிய முறைகளும் இச்சேர்மங்களின் அமைப்பை நிறுவுதற்குத் துணையாக இருக்கின்றன.

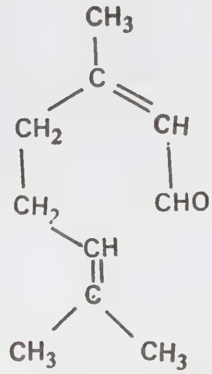
மோனோடெர்ப்பீன். இவை எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய, நீரை விட அடர்வு குறைவான எண்ணெய் ஆகும். இவற்றின் கொதிநிலை 150° - 185°C வரை யுள்ளது. சாதாரணமாக இவற்றைக் குறைந்த அழுத் தத்தில் பின்னக் காய்ச்சி வடித்தோ படிகப் பெறு தியை மீளாக்கம் செய்தோ தூய்மையாக்கலாம். வளையமில்லா மோனோ டெர்ப்பீன் ஹைட்ரோ கார்பன்கள் குறைந்த எண்ணிக்கையில் உள்ளன; ஆனால் இவற்றின் ஆக்சிஜனேற்றப் பெறுதிகள் இயற்கையில் விரவி உள்ளன; மேலும் குறிப்பிடத் தக்கவையாகவும் உள்ளன. இதன் ஆக்சிஜனேற்றப் பெறுதிகளில் சிட்ரநெல்லால் எனப்படும். டெர்ப்பீன் ஆல்கஹால், அதையொத்த ஆல்டிஹைடு (சிட்ரநெல் லால்), ஜெராணியால் ஆகியன குறிப்பிடத்தக்கவை, சிட்ரநெல்லாலின் இரு வகைகளும் சிட்ரநெல்லாத் தைலத்திலும், எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெயிலும், ஜெரானியால்ஜெரானியம் எண்ணெயிலும் உள்ளன.



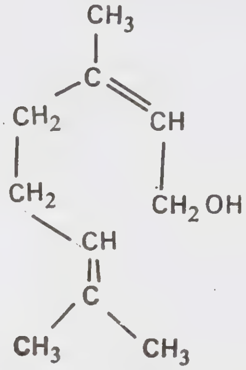
சிட்ரநெல்லால்



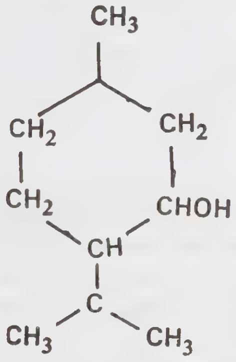
சிட்ரநெல்லால்



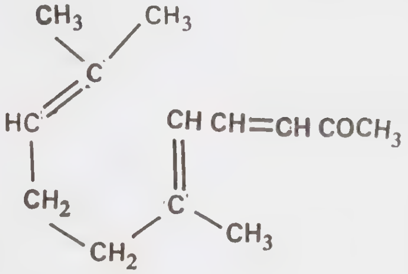
சிட்ரால்



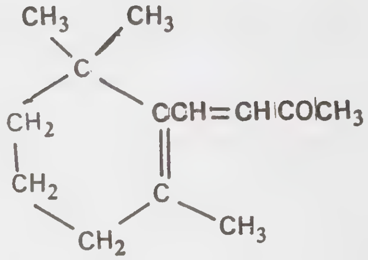
ஜெரானியால்



மெந்தால்



சூடோ ஐயோனோன்

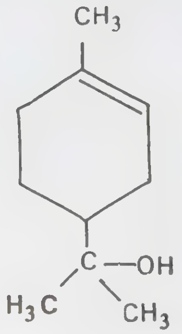


β–ஐயோனோன்

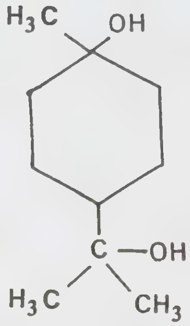
சிட்ரோநெல்லாலை அமிலத்துடன் வினைப்படுத்தினால் ஒரு வினைல் டெர்ப்பீன் ஆல்கஹாலான ஐசோபுலேஜாலும் (isopulegol) அதிலிருந்து மெந்தாலின் முப்பரிமாண மாற்றியக் கலவைகள் வினையூக்க ஹைட்ரஜனேற்றம் செய்வதாலும் கிடைக்கின்றன. இம்முறை மெந்தாலைச் செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது. சோடியம் பாதரசக் கலவையால் சிட்ராலை ஒடுக்கினால் ஜெரானியால் என்னும் ரோஜா மணம் கொண்ட தைலம் தயாரிக்கப் படுகிறது. சிட்ராலுடன் அசெட்டோனைச் சேர்த்து வினைப்படுத்தும்போது சூடோஐயோனோன் என்னும் இடைநிலைப் பொருள் கிடைக்கிறது. இதிலிருந்து β-ஐயோனோன் என்னும் பொருள் அமிலத்தோடு வினைப்படுத்துவதால் கிடைக்கிறது. β-ஐயோனோன் ஒரு டெர்ப்பீன் இல்லையெனினும் இது வைட்டமின் **A** தயாரிப்பில் மூலப்பொருளாக உள்ளது.

ஆரஞ்சு மற்றும் எலுமிச்சை எண்ணெயில் பெரும்பான்மையாக இருக்கும் டெர்ப்பீன், லிமனின் ஆகும். இது ஒற்றை வளைய டெர்ப்பீன் ஹைட்ரோகார்பன்களில் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இந்த எண்ணெயின் கொதிநிலை 178°C. இதே போன்ற கார்பன் கூட்டைப் பெற்றுள்ள ஏனைய டெர்ப்பீன்கள் (α, β, γ - டெர்ப்பீனின்) கார்பன் - கார்பன் இரட்டைப் பிணைப்பு அமைந்திருக்கும் இடத்தைப் பொறுத்து மாறுபடுகின்றன. லிமனின் ஒளிசுழற்றும் தன்மை வாய்ந்தது. இது மணமூட்டியாகச் செயல்படுகிறது. மெந்தால், அதன் ஆக்சிஜனேற்றப் பெறுதிகளான α-டெர்பீனியால், டெர்பின் ஆகியன வணிகச் சிறப்புப் பெற்றவை. α-பைனீனுடன் அமிலத்தைச் சேர்ப்பதால் α-டெர்ப்பீனியால், டெர்ப்பீடுனாலின், டெர்ப்பீனின்களின் கலவை கிடைக்கிறது. இக்கலவை பைன் எண்ணெயாகவும், விலைகுறைந்த பூச்சிக்கொல்லியாகவும், மணம் நீக்கியாகவும் (deodorant), நீற்றும் காரணியாகவும் (wetling agent) உள்ளன.

இருவளைய மோனோடெர்ப்பீன்களில் α-பைனின் (கொதிநிலை 156°C) மிகச் சிறப்பான டெர்ப்பீன் ஆகும். இந்த டெர்ப்பீன் டெர்பென்டைன் எண்ணெயில் பெரும்பான்மையாக உள்ளது. இது பைன் எண்ணெயிலிருந்து பெறப்படுகிறது. தாள் உற்பத்தியில் துணைப் பொருளாகக் கிடைக்கும் சல்ஃபேட் டெர்ப்னீனின் பெரும்பகுதி α பைனின் ஆகும். இது பூச்சுகள். வார்னீஷ்கள் தயாரிப்பில் மூலப்பொருளாக விளங்குகின்றது. இதன் பூச்சுத்



α-டெர்ப்பீனியால்



டெர்ப்பீன்

தன்மை எளிதில் காற்றால் ஆக்சிஜனேற்றம் அடைந்து ரேசின் போன்ற மெல்லிய படலமாகும் தன்மை கரைப்பான் தன்மை இவற்றைப் பொறுத்தது. பிற டெர்ப்பீன்களை விட ` இதன் வேதி வினைகள் தெளிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளன. இந்த ஆய்வுகள் கரிம வேதியியலில் அமைப்பு மாற்றங்களை அறியப் பயன்படுகின்றன.

∝-பைனினுடன் அமிலங்களைச் சேர்த்துப் பல் வேறு சூழ்நிலைகளில் வினைப்படுத்தும் போது டெர்ப் பீனின்கள், ∝-டெர்பீனியால், டெர்ப்பின், டெர்ப் பினோலின், போர்னியால் ஃபென்ஹைல் ஆல்கஹால் கேம்ஃபீன் ஹைட்ரோ கார்பன் போன்ற பொருள் கள் உண்டாகின்றன.

செஸ்க்விடெர்ப்பீன். இவை மோனோ டெர்ப் பீன்களை விடக் குறைவாக ஆவியாகும் தன்மை யைப் பெற்றிருப்பதால் இயற்கை மூலங்களிலிருந்து நீராவியால் காய்ச்சி வடித்தோ பிரித்தெடுத்தலின் மூலமாகவோ இவற்றைப் பெறலாம். காற்றில்லாச் சூழ்நிலையில் பின்னக் காய்ச்சி வடித்தோ, நிறச் சாரல் பிரிகையாலோ இவற்றைத் தூய்மையாக்க லாம். செஸ்க்வி டெர்ப்பீன்கள் மோனோ டெர்ப்பீன் களைவிடச் சிக்கல்மிகுந்த அமைப்பைக்கொண்டவை. இவற்றில் ஆக்சிஜனேற்றப் பெறுதிகளும் உள்ளன. இருவளைய செஸ்க்வி டெர்ப்பீன்களில் இருவகை யான ஐசோப்ரின் மூலக்கூறு அமைப்புகள் அமைந் திருக்கின்றன; அவை - கெடாலின், யூடாலின் என் பனவாகும்; இவற்றில் அமைந்திருக்கும் கார்பன் கட்டை, செஸ்க்வி டெர்ப்பீன்களைக் கந்தகம் அல்லது செலீனியத்துடன் சேர்த்து ஹைட்ரஜன் நீக்கம் செய்து அவற்றையொத்த நாஃப்தலினிக் ஹைட்ரோ கார்பன்களைப் பெறுவதால் அறியலாம்.

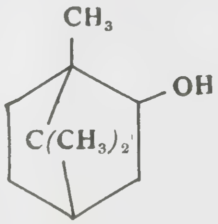
டை டெர்ப்பீன். ஃபைட்டால் என்னும் ஆக்சிஜ னேற்றம் பெற்ற வளையமில்லா டெர்ப்பீன் குளோ ரோஃபில் மூலக்கூறின் மூலமாக இருக்கின்றன. குளோரோஃபில்லுடன் காரக் கரைசலைச் சேர்த் தால் ஃபைட்டால் கிடைக்கிறது. வைட்டமின் A இல் உள்ளது போலவே ஐசோப்ரின் மூலக்கூறுகள் ஃபைட் டாலிலும் காணப்படுகின்றன.

$$CH_3\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\ CH_2\ (CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}CH_2CH_2)_2\ CH\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C_2}}=CHCH$$

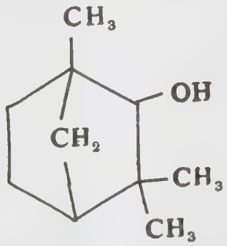
ஃபைட்டால்

அபீட்டிக். அமிலம் என்னும் ட்ரைகார்பாக்சிலிக் அமிலம் ரோசினிஸ் பெரும்பான்மையாக இருக்கிறது. பைன் குடும்ப மரங்களிலிருந்து கிடைக்கும் ஓலியோ ரெசின்களை மக்பென்ட்டைனைப் பிரித்தெடுத்தபின் எஞ்சியிருக்கும் ஆவியாகாத பகுதி ரோசின் எனப்படு கிறது. வார்னிஷ் மற்றும் மேற்பூச்சுகள் தயாரிப்பில் ரோசின் அப்படியே பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் சோடியம் உப்புக் காகிதத் தொழிலிலும், செயற்கை ரப்பர் தயாரிப்பில் பால்மமாக்கியாகவும், மஞ்சள் கலவைச் சோப்புகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது கரிம அமிலங்களிலேயே மிகவும் விலை குறைவானது ஆகும்.

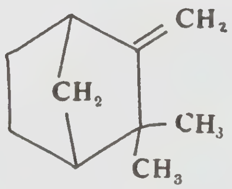
ட்ரைடெர்ப்பீன். வளையமில் ட்ரைடெர்ப்பீன் களில் ஸ்குவாலின் சிலவகை ஷார்க் இன மீன்களின் ஈரல் எண்ணெயில் பெரும்பான்மையாக உள்ளது. மேலும் இது பிற மீன்களின் ஈரல் எண்ணெயிலும்



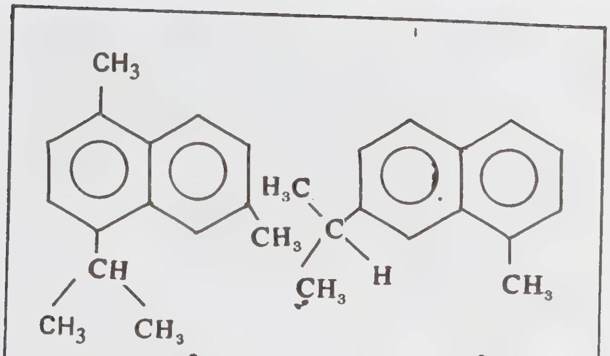
போர்னியால்



ஃபென்ஹைல் ஆல்கஹால்

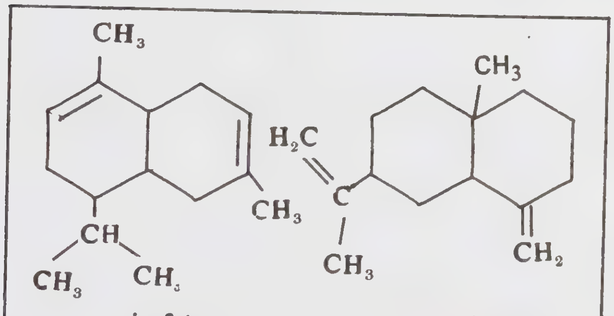


காம்ஃபீன்



கடாலின் யுடாலின்

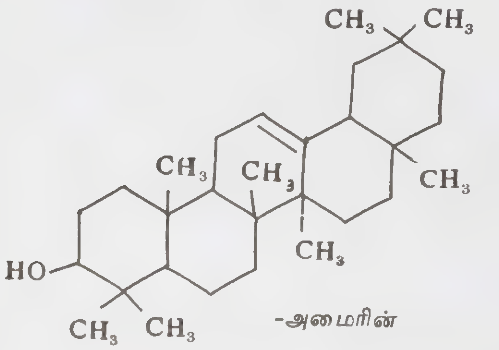
தாவரஎண்ணெயிலும், பூஞ்சைக்காளானிலும், மனிதனின் காது மெழுகிலும் காணப்படுகிறது. கதிரியக்கக் கார்பன் சுவடுகாண் ஆய்வின் மூலம் உயிரியல் தொகுப்பு வினைகளில் கொலஸ்ட்ரால் தொகுப்பின் போது இது இடைநிலைப் பொருளாக இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. ட்ரை மற்றும் டெட்ரா வளைய டெர்ப்பீன்கள் அறியப்பட்டுள்ள போதும் இயற்கையில் கிடைக்கும் ட்ரைடெர்ப்பீன்களில் ஐந்து கார்பன் வளையங்களைக் கொண்டவை மிகுதியாக உள்ளன. இந்த ஐந்து வளைய டெர்ப்பீன்கள் சர்க்கரைப்பகுதி சேர்ந்து கிளைக்கோசைடாகத் (சப்போனின்கள்) அல்லது தனியாகத் தாவரங்களின் பல பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன.



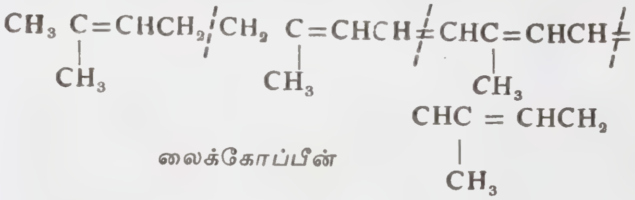
கட்னின் β-செலீனின்

ஐந்து வளைய ட்ரைடெர்ப்பீன்களின் அமைப்பு முழுதும் விளக்கமாக அறியப்பட்டுள்ளது. சான்றாக β அமைரின் என்ற டெர்ப்பீனைக் குறிப்பிடலாம். β அமைரின் பெறுவதற்கு முக்கியமான மூலம் வெப்ப மண்டலக் காடுகளில் காணப்படும் எலிமி (elimi) என்ற மரப்பிசினாகும். β-அமைரின் கார்பன் கூடு ஸ்குவாலின் மற்றும் கொலஸ்ட்ரால் அமைப்பைக் கொண்டிருக்கிறது. ஸ்டீரால்கள் மற்றும் ஐந்து வளைய ட்ரைடெர்ப்பீன்களின் உயிரியல் தொகுப்புகளில் ஸ்குவாலின் முன்னோடியாக (precursor) இருப்பது அறியப்பட்டுள்ளது.

டெட்ரா டெர்ப்பீன். தாவர மற்றும் விலங்கினங்களில் காணப்படும் மஞ்சள், ஆரஞ்சு, சிவப்பு போன்ற பல்வேறு நிறங்களுக்குக் காரணமான நிறமிகள் கரோட்டினாய்டுகள் எனப்படும் டெட்ரா டெர்ப்பீன்கள் ஆகும்; இவற்றின் மூலக்கூறு வாய்பாடு $C_{40}H_{56}$. கரோட்டினாய்டுகளைக் கரைப்பானால் பிரித்தெடுத்து நிறச்சாரல் பிரிகையால் தூய்மைப் படுத்தலாம். சான்றாகத் தக்காளிப்பழம் சிவப்பாக இருப்பதற்குக் காரணமான லைக்கோப்பீன் என்ற சிவப்பு நிற நிறமியைக் குறிப்பிடலாம்.

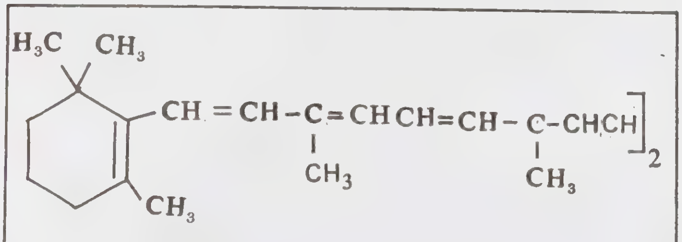


-அமைரின்



லைக்கோப்பீன்

இந்த அமைப்பில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள புள்ளிக் கோடுகள் ஐசோப்ரின் கூறுகளைக் குறிக்கும்; இதில் சாதாரணமாகக் காணப்படும் தலை-வால் என்னும் அமைப்பு மூலக்கூறின் நடுவில் பாதிக்கப்பட்டு வாலுடன் வால் என்னும் அமைப்பால் இணைந்திருப்பது தெரிகிறது. இவ்வமைப்பு டெட்ரா டெர்ப்பீன்களில் சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. மிகவும் பரவலாக இருக்கும் டெட்ரா டெர்ப்பீன் B கரோட்டின் அதாவது காரட்டில் காணப்படும் மஞ்சள் நிற நிறமியாகும். கரோட்டின் உடலில் வைட்டமின் A தயாரிக்கவும் அதன் மூலம் கண்பார்வைக்கு முக்கியமானதாகவும் அறியப்பட்டுள்ளது.



β -கரோட்டீன்

பாலிடெர்ப்பீன். ரப்பர் மரப்பாலில் இருந்து பெறப்படும் ரப்பர் ஒரு பாலிடெர்ப்பீன் ஹைட்ரோகார்பன் $(C_5H_8)_n$, n = 4000-5000). ஆக்சிஜனேற்ற நிலையிறக்கம் மற்றும் எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவின் ஆய்வு முடிவுகளின் மூலம் ரப்பர் கீழ்க்காணும்

மூலக்கூறமைப்பைப் பெற்றிருப்பதைத் தெளிவாக்கு கின்றன.

$$-CH_2-\underset{CH_2}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}}=CHCH_2CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CHCH_2CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-$$

ரப்பரைக் கந்தகத்தால் வலிவூட்டும் போது ரப்பர்மூலக்கூறு சங்கிலித் தொடர்களுக்கிடையில் பிணைப்பு ஏற்படுகிறது. கட்டா பர்ச்சா என்பது ரப்பர் மூலக்கூறு வாய்பாட்டைக் கொண்டது. இதில் மெத்தலீன் தொகுதிகள் எதிர் (trans) அமைப்பில் இணைந்துள்ளன. ரப்பரில் நேர் (cis) அமைப்பில் இணைந்துள்ளன.

- த. தெய்வீகன்

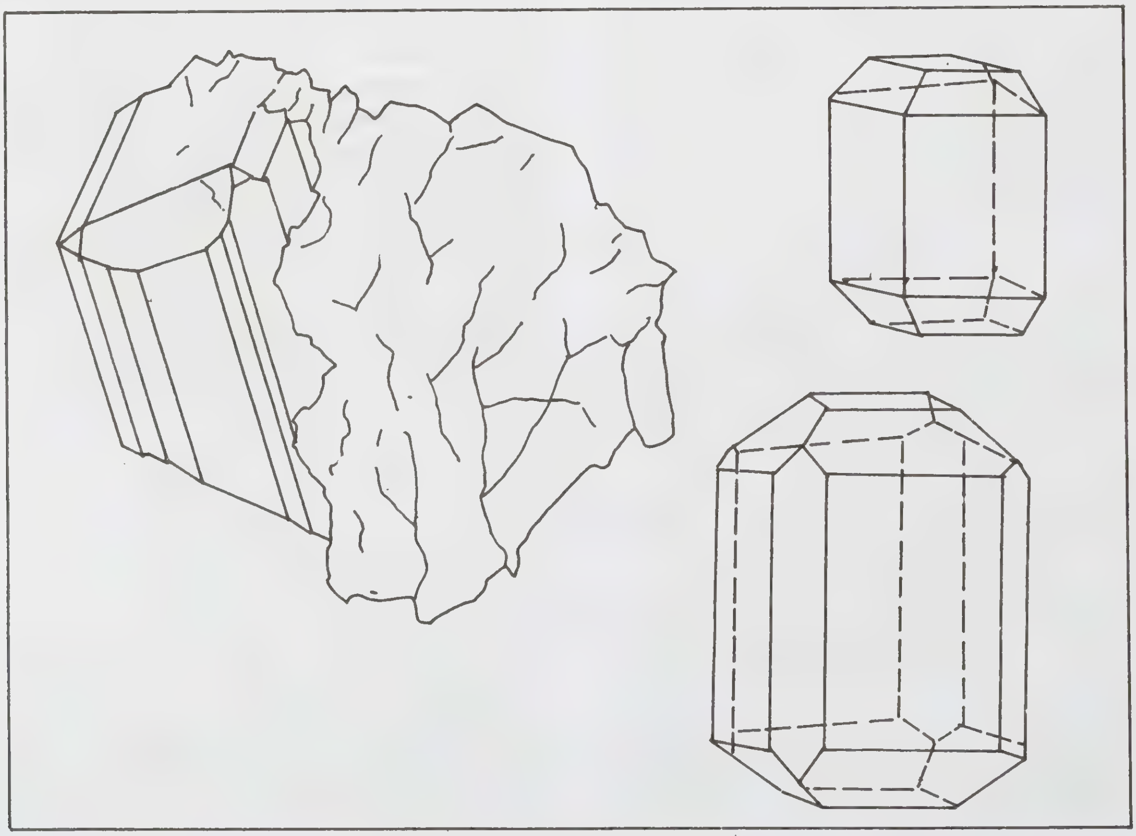
ஐடிங்சைட்

இதன் வேதி உட்கூறு $MgO.Fe_2O_3.3SiO_2.4\ H_2O$ ஆகும். ஐடிங்சைட் (iddingsite) செஞ்சாய்சதுரத் தொகுதியைச் (orthorhombic) சேர்ந்தது. இது மடிப்புகளையுடையது. இதன் கடினத்தன்மை 3; ஒப்படர்த்தி 2.5-2.8 ஆகும். பழுப்பு நிறமாகக் காணப்படும் இது எதிர் (-) ஒளி சுழற்றும் தன்மை யையும் சில சமயங்களில் நேர் (+) ஒளி சுழற்றும் தன்மையையும் கொண்டுள்ளது. அச்சுத்தளம், (010) தளத்திற்கு இணையாக உள்ளது. இதன் ஒளிவிலகல் எண் 1.608 - 1.765 வரை வேறுபடுகிறது. நன்கு ஒளிசிதறும் பண்புடையது. கார்மெலோ விரிகுடா மாண்டெர்ரி, கலிஃபோர்னியா, கொலரடோ முதலிய இடங்களில் கிரைசோலைட்டின் விளைப்பொருளாகக் காணப்படுகிறது. ஐடிங்சைட்டை ஒத்த அல்லது இது போன்று காணப்படும் கிரைசோலைட்டின் விளைபொருள்கள் டிராவெர்சா, ஒரோசி, சார்டினா முதலிய இடங்களில் உள்ள பசால்ட்டுகளில் காணப் படுகின்றன. அவை முறையே டிராவெர்சைட், ஒரோசைட் என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன.

- இரா. சரசவாணி

ஐடோகிரேஸ்

இக்கனிமம் முதன்முதலாக எரிமலைக் குழம்பு வெளி வரும் பெருவாயின் பகுதிகளில் உண்டாகும் பாறை களில் காணப்பட்டதால், ஐடோகிரேஸ் (idocrase) வெசுவியனைட் என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதன்



ஐடோகிரேஸ் (வெசுவியனைட்)

வேதி உட்கூறு கால்சிய அலுமினியம் சிலிக்கேட் என்றாலும் இரும்பு அலுமினியத்தையும், மக்னீசியம் கால்சியத்தையும் ஓரளவு இது தன்னுள் பொதிந்துள்ளது. மேலும் ஃப்புளூரின், டைட்டானியம், போரான், பெரிலியம் போன்ற தனிமங்கள் ஆங்காங்கே சிறிதளவு இவற்றில் கலந்திருக்கும். எனவே இதனுடைய வேதியியல் உட்கூறை Ca_6 Al (OH, F) Al_2 $(SiO_4)_5$ என்ற வேதி வாய்பாட்டால் குறிப்பிடலாம். இது நாற்கோணப்படிகத் தொகுதியைச் சேர்ந்தது.

இக்கனிமப் படிகங்கள் பட்டக வடிவிலோ கூம்புப் பட்டக வடிவிலோ (படம்) காணப்படும். இது திண்ணியதாகவும், நீண்ட தூண் போன்ற அமைப்பினைப் பெற்றதாகவும், பல வடிவங்களாகவும் சில சமயங்களில் ஒழுங்கற்றதாகவும் காணப்படுகின்றது. இது சில சமயங்களில் மிகு நுண்படிக அமைவாகவும் காணப்படும். இதன் அணுக்கட்டமைப்பு, கார்னெட் கனிமத்தைப் போன்றே இருக்கும். இதன் பிளவு, முதல், இரண்டாம் வரிசை நாற்கோணப் பட்டகங்களுக்கு இணையாகவும் அடியிணை வடிவப் பக்கத்திற்கு (001) இணையாகவும் இருப்பினும் எதுவுமே தெளிவாகத் தோன்றுவதே இல்லை. இதன் முறிவு தெளிவற்ற சங்கு முறிவிலிருந்து சீரற்ற முறிவு வரையுள்ள இடைப்பட்ட வகையில் ஏதேனும் ஒரு முறிவை உடையதாக இருக்கும். இது நொறுங்கும் தன்மையுடையது. இதன் கடினத்தன்மை எண் 6.5; அடர்த்தி எண் 3. 35 - 3. 40 வரை மாறுபட்டு இருக்கலாம். கண்ணாடி மிளிர்வைப் பெற்றது. இருப்பினும் பிசின் போன்ற மிளிர்வைக் கொண்டும் இருக்கலாம். பெரும்பாலும் பழுப்பிலிருந்து பச்சை வரையுள்ள நிறங்களில் காணப்படும். பச்சை நிறம் தெளிவான பேரொளி பெற்றிருக்கும். இருப்பினும் கந்தக - மஞ்சள், வெளிர் நீலம் ஆகிய நிறங்களிலும் அரிதாகக் காணப்படும். இது துகள் நிலையில் வெண்மையானது. இதன் ஒளி விலகல் எண் இடைவெளி (birefringence) மிகவும் குறைவானது. குறைந்த ஒளி ஊடுருவல் பண்பிலிருந்து இலேசான ஒளிக்கசிவுடைய பண்பு வரை பல நிலைகளில் காணப்படும். ஈரதிர்வுத் திசை நிறமாற்றம் (dichroism) இருப்பினும் அவ்வளவு தெளிவாகத் தோன்றுவதில்லை. இது எதிர் ஒளி சுழற்றும் கனிமமாகக் காணப்படுகிறது. அரிதாக நேர் ஒளி சுழற்றும் தன்மையுடன் கிடைக்கிறது. பொதுவாக இது ஓரச்சுக் கனிம வகையைச் சேர்ந்ததாக (uniaxial) இருப்பினும் அரிதாக ஈரச்சுக் கனிமமாகவும் (biaxial) காட்சி அளிக்கும். இது ஒளியியல் பிறழ்வு (optical anomaly) எனப்படும். இதன் ஒளி விலகல் எண் 1. 701 - 1.736 வரை மாறுபட்டுக் காணப்படும்.

நுண்நோக்கியின் கீழ் இதன் கனிம எல்லை வரைகள் ஏனைய கனிமங்களது எல்லைவரைகளை விட மிகத்தெளிவாகக் காணப்படுவதைக் கொண்டும், இதனுடைய பலவீனமான ஒளிவில்கல் எண் இடைவெளியைக் கொண்டும் ஓரொளி அச்சு எதிர் ஒளி சுழற்றும் கனிமப் பண்பைக் கொண்டும் ஏனைய கனிமங்களிலிருந்து இதை எளிதில் பிரித்துக் கண்டறியலாம். இக்கனிமத்தில் பெரில்லியம் ஆக்சைடு கலந்திருந்தால் வெசுவியனைட் என்றும் செம்பு கலந்து நீலநிறம் பெற்றிருந்தால் சைப்பிரின் என்றும் மங்கனீஸ் கலந்திருந்தால் மாங்கனீஸ் வெசுவியனைட் என்றும், போரான் கலந்திருந்தால் விலுனைட் என்றும், ஆலிவ் பச்சை நிறம் பெற்றிருந்தால் கலிபோர்னைட் என்றும் பல பெயர்களால் இது குறிப்பிடப்படுகிறது. கால்சியம், அலுமினியம் சிலிக்கேட் என்ற உட்கூற்றில் சாம்பல் நிறம் பெற்ற வகை ஜெனிவைட் கனிமம் ஆகும். இது சுண்ணாம்புப் பாறைகளில்கிடைக்கிறது. இக்கனிமம் உமிழ்வுப்பாறைகளில் கிடைப்பதில்லை. சுண்ணாம்புப் பாறைகளில் ஊடுருவும் பாறைக் குழம்புகளோடு தொடர்புற்று வேதி உட்கூறில் மாறுபட்டு உருவாகும் உருமாற்றப் பாறைகளில் இது அதிகமாகக் கிடைக்கிறது. இக்கனிமம் கிராசுலரைட், கார்னெட், ஃபிலோகோபைட், டையாப்சைட் மற்றும் ஒல்லாஸ்டோனைட் கனிமங்களோடு தொடர்பற்றுக் கிடைக்கும். செர்பன்டைன் குளோரைட், படலப்பாறை (schist), வரிப்பாறை (gneiss) உருமாற்றப் பாறைகளிலும் இக்கனிமங்களைக் காணலாம்.

- ஞா. வி. இராஜமாணிக்கம்

ஐந்து காயப்பூ

இதன் தாவரவியல் பெயர் ஃபாசிஃப்ளோரா (Passiflora) ஆகும். இது ஃபாசிஃப்ளோரேசி எனப்படும் இருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த தாவரங்கள் பொதுவாகப் பற்றும் கொடிகளாகும். இவற்றில் இலைக்கோண மொட்டுகள் பற்றும் கம்பிகளாக மாறியிருப்பதைக் காணலாம். சில சிற்றினங்கள் நிமிர்ந்து வளரக் கூடியனவாகவும் இருக்கும்.

இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த பெருவாரியான சிற்றினங்கள் அமெரிக்காவில் வெப்பம், வெப்பம் சார்ந்த பகுதிகளிலும், ஆசியா, ஆஸ்திரேலியாபாலித் தீவுகளின் வெப்பப் பகுதிகளிலும் தன்னிச்சையாக வளர்வதைக் காணலாம். இவ்வினத்தில் காணப்படும் 400 சிற்றினங்களில் இந்தியாவில் இரண்டு சிற்றினங்களே தன்னிச்சையாகக் காடுகளில் வளர்கின்றன. பிற சிற்றினங்கள் அமெரிக்காவிலிருந்து இந்தியாவிற்குக் கொண்டுவரப்பட்டவை: அழகிய மலர்களுக்காகவும், உண்ணத்தக்க கனிகளுக்காகவும் இவை வளர்க்கப்படுகின்றன.

வளரியல்பு. இலைகள் மாற்றிலையடுக்கமைப்புக் கொண்டவை. அரிதாக எதிரிலையடுக்கு அமைப்பு உடையவை. இலைக்காம்பில் சுரப்பிகள் உண்டு. இலைப்பரப்பு. முழுமையாகவோ பிளவுபட்டோ இருக்கும் சிலசிற்றினங்களில் இலையடிச் செதில்கள் உண்டு.

மஞ்சரி. தனித்த அல்லது ரெசிம் முறை. பெரும் பாலும் இலைக்கோணத்தில் காணப்படும். மஞ்சரிக் காம்பு இணைந்தது. மூன்று பூவடிச்செதில்கள் உண்டு. அவற்றைப் புறப்புல்லிகள் (epicalyx) அல்லது இன்வலூகர் என்பர்.

மலர். இருபால் பூக்கள்: ஒழுங்கானவை, அழகானவை, புல்லிவட்டம். 5 புல்லிகள் இணைந் தவை. குழல் சிறியது,

அல்லிவட்டம். 5 அல்லிகள்; தனித்தவை வெண்மை, பச்சை, மஞ்சள், நீலம், சிவப்பு வண்ணத்துடனும் மாறுபட்ட வண்ணப் புல்லி களுடனும் காணப்படும். இதழ்களையடுத்து உள்ளே

படம் 1. பாசி:ப்ளோரா

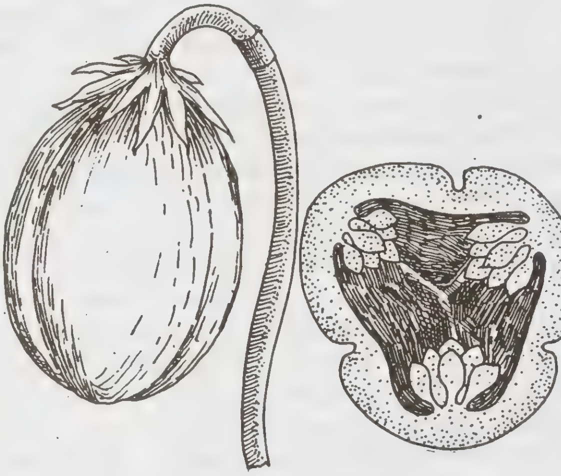
கொடி மலர் மொட்டுகள்

1, 2 அல்லது 3 சுற்றுகளில் நீண்ட நீட்சிகளைக் காணலாம். இவற்றைக் கரோனா என்பர். இவையே மலரின் அழகிற்குக் காரணமாக அமைகின்றன.

மகரந்ததாள்கள். 4 அல்லது 5 நீண்ட உருண்டைத் யான ஒரு காம்பின் மேல் அமைந்திருக்கும். இக் காம்பை ஆண்ட்ரோஃபோர் அல்லது மகரந்தத்தாள் தாங்கி என்பர். மகரந்தப்பைகள் சுழல் அமைப்பில் இருக்கும்.

சூலகம். காம்பற்றது, மேல்மட்டச் சூற்பை; 3 சூலிலைகள்; ஒரு சூலறை; பல சூல்கள்; சுவர் ஒட்டு முறை (parietal) சூல் தண்டுகள் 3 வெளிநோக்கி அமைந்தவை; சூல்முடி தலை வடிவம்.

கனி. சதைப்பற்றுக்கனி விதைகள் தட்டையாக ஏரில் (aril) என்ற வளரிகளால் சூழப்பட்டுள்ளன.



படம் 2. பாசி:ஃளோரா

கனி, கனிக்குறுக்கு வெட்டு.

இம்மலருக்கு ஐந்துகாயப்பூ (flower of five wounds) அல்லது பாசமலர் (passion flower) என்ற பெயர்கள் அமைந்ததற்கு அப்பூவின் சிறப்பு அமைப்பு களே காரணம் ஆகும். இப்பூவைப் பற்றிய மூட நம்பிக்கைகளும், கட்டுக்கதைகளும் தென் அமெரிக்கா விற்குச் சென்ற ஸ்பானிய, இத்தாலிய மதம் பரப்பு வோரால் தோற்றுவிக்கப்பட்டவையாகும். இப் பூவிலுள்ள 10 வண்ணப் பகுதிகளும் (அல்லிகள், புல்லிகள்) ஏசுநாதர் சிலுவையில் அறையப்பட்ட போது இருந்த 10 சீடர்களைக் குறிக்கின்றன என்று கருதுவதுண்டு. அதனால் இதற்குப் பாசமலர் என்ற பெயர் வந்தது. அல்லிவட்டத்தை அடுத்த வளரி அல்லது கரோனா வளையங்கள் ஏசுநாதருக்குச் சூட்டப்பட்ட முள் கிரீடத்தைக் குறிப்பதாகும்.

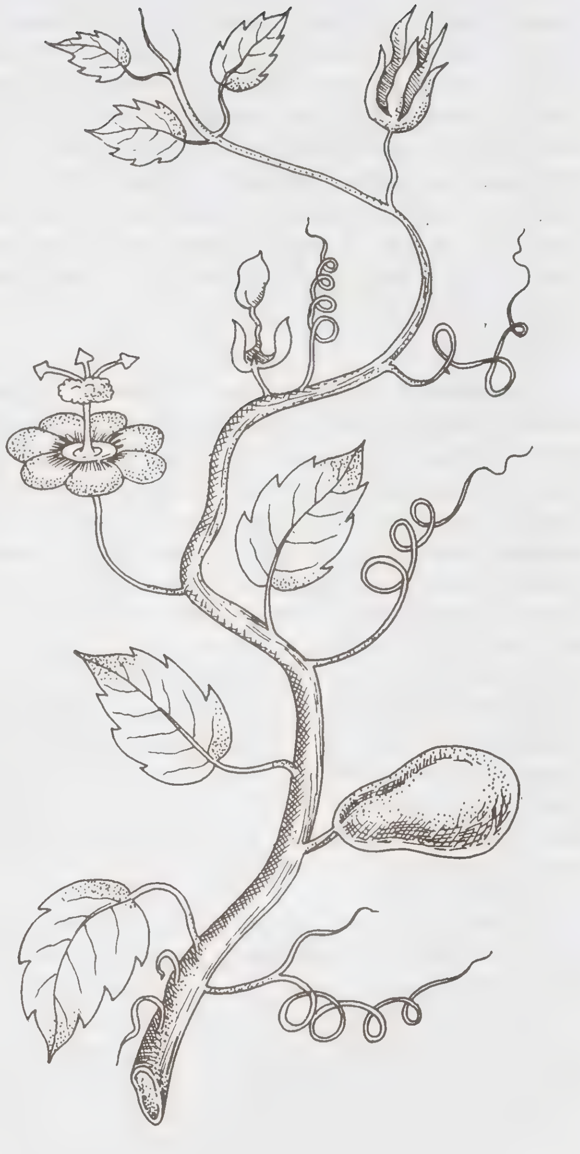
தாங்கிக்கு மேல் அமைந்துள்ள 5 மகரந்தத் தாள்கள், ஏசுநாதரைச் சிலுவையில் அறையப் பயன்படுத்திய சுத்தியல்களைக் குறிக்கின்றன என்றும், தலைவடிவச் சூல்முடிகளைக்கொண்ட 3 சூல்தண்டுகள் 3 ஆணிகளாகும் என்றும் கூறுவர்.

நீண்ட வளைந்த பற்றுக்கம்பிகளை ரோமானியச் சிப்பாய்கள் பயன்படுத்திய கயிறுகளோடும், அகன்ற பிளவுபட்ட இலைகளைச் சிப்பாய்களின் கைகளோடும் ஒப்பிடுவதுண்டு. மேலே குறிப்பிட்ட கருத்துகள் ஃபோகார்டு என்பவரால் கூறப்பட்டுள்ளது. அவர் 15, 16ஆம் நூற்றாண்டுகளில் நிலவிய கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட படத்தையும் வெளியிட்டுள்ளார். தென் அமெரிக்கக்காடுகளில், தொங்கும் மலர்களோடு கூடிய இக்கொடிகளைக் கண்டவுடன் அம்மலர்கள் தங்களுடைய உறுப்புகள் மூலம் இறையன்பை வெளிப்படுத்துவதாக ஸ்பானியர்கள் கருதினர். மேலும் காட்டுமிராண்டிகளான செவ்விந்தியர்களைக் கிறிஸ்தவர்களாக மதமாற்றம் செய்ய வேண்டும் என்ற கருத்தையும் வெளியிடுவதாக அவர்கள் கருதினர். ரோம் நகரைச் சேர்ந்த ஜேக்கோமா போஸியோ என்பார் இச்செடி சிலுவையைக் குறிப்பது தவறு என்றும், இதை ஐந்துகாயப்பூ என்றே குறிப்பிடவேண்டும் என்றும் கூறியுள்ளார்.

பொதுவாக இம்மலர் மூடிய நிலையிலேயே காணப்படும். இதனடிப்படையில் போஸியோ சிலுவையையும் இறையன்பையும் காட்டுமிராண்டிகளின் பார்வையிலிருந்து மறைப்பதற்காகவே மலர்கள் மூடிய நிலையில் உள்ளன என்று கூறியுள்ளார். தென் அமெரிக்கப் பெரு நாட்டில் காணப்படும் பாஸிஃப்ளோரோ மலரின் அல்லிகள் இளஞ்சிவப்போடு கூடிய வெண்மையானவை. மகரந்தத்தாள் தாங்கியின் அடிப்பகுதியைச்சுற்றி மஞ்சள் வண்ணமும் அதில் 5 இரத்தச் சிவப்பு நிறப் புள்ளிகளும் காணப்படுகின்றன. இவையே ஏசுநாதர் பெற்ற ஐந்து காயங்களைக் குறிப்பதாகும்.

பயிரிடும் முறை. பொதுவாகப் பாசிஃப்ளோராவை முதிர்ந்த குச்சிகளை வெட்டி நட்டுப் பயிர் செய்வதே வழக்கமாகும். விதைகளிலிருந்தும் இவற்றைப் பெருக்க முடியும். தோட்டக்கலையியலர்கள் இவ்வினத்தைக் கலவியல் செய்வதன் மூலம் மேம்பாடு அடையச் செய்துள்ளனர். இதனால் வகைப்பாட்டியலில் பல சிக்கல்கள் தோன்றியுள்ளன.

நாற்றுப் பாத்திகளை நிழலோடு கூடிய ஈரப்பாங்கான பகுதிகளில் அமைக்க வேண்டும். முதிர்ந்த 4 அல்லது 5 கணுக்களோடு கூடிய குச்சிகளை ஊன்ற வேண்டும். ஜனவரி முதல் ஏப்ரல் மாதத்திற்குள் வேர் விட்ட குச்சிகளைப் பிடுங்கி குழிகளில் நடுவர். நுனிக் குருத்தை வெட்டி நீக்குவதால் பல கிளைகள்



படம் 3. பாசிஃப்ளோரா கொடி

தோன்றி நன்கு வளரும். கொடிகளைப் பந்தல்கள் அல்லது வேலிகளில் ஏற்றி வளர்ப்பர்.

பாசிஃப்ளோரா இனத்தில் பொருளாதாரச் சிறப்பு வாய்ந்த பல சிற்றினங்கள் உண்டு. எ.கா: பா. க்வாண்ட்ராங்குலாரிஸ் (*P. quadrangularis*) பா. எடுலிஸ் (*P. edulis*), பா. லாரிஃபோலியா (*P. laurifolia*). வெப்ப நாடுகளில் காணப்படும் இவை உண்ணத்தக்க கனிகளைக் கொடுப்பனவாகும்.

பா. க்வாண்ட்ராங்குலாரிஸ். இதைப் பெரிய க்ராண்டில்லா (giant grandilla) என்பர். இதன் கனிகள் மஞ்சள் வண்ணத்துடன் 20 செ.மீ. நீளமும்,

முட்டைவடிவமும் பெற்றிருக்கும். இதன் சதைப் பற்றுப் பகுதி புளிப்பாயிருக்கும். காய்களைக் கறி யாகச் சமைத்து உண்பர். குளிர்பானங்கள் தயாரிக் கவும் பயன்படுத்துவர். க்ராண்டில்லாக் கொடிகளைத் தோட்டங்களிலும், பூங்காக்களிலும் வளர்க்கும்போது அவற்றின் மலர்களைச் செயற்கை முறையில் மகரந்தச் சேர்க்கை நடத்தினால்தான் கனிகள் தோன்றும். கனிகளை அளவுக்குமேல் உண்டால் மயக்கநிலை ஏற்படும். இதன் வேரில் கிழங்குகள் காணப்படும். சேம்பு போல் அவற்றை வேகவைத்தும் உண்பதுண்டு. வேரில் பாசிஃப்ளோரின் என்ற நச்சு அல்கலாய்டு உள்ளது.

பா. எடுலிஸ். இது தென் பிரேசிலைத் தாயக மாகக் கொண்டது. இதைப் பாசமலர் அல்லது இளம் ஊதா க்ராண்டில்லா என்பர். இலைகள் ஆழமாக மூன்றாகப் பிளவுபட்டிருக்கும். கனி 4-5 செ.மீ. குறுக்களவு இருக்கும். கனித்தோல் கெட்டி யானது. சதைப்பற்றுப் பகுதி சற்றுப்புளிப்பு மிகுந்து உள்ளதாலும், நறுமணம் கொண்டதாலும் குளிர் பானத் தயாரிப்பில் பயன்படுத்துவர். இக்கனிகளைச் சர்க்கரையுடன் சேர்த்து உண்பர். இந்தியாவில் புகுத்தப்பட்ட இந்தச் சிற்றினம் நீலகிரி மலைப் பகுதிகளில் நன்கு வளர்கிறது. மேலும் சேர்வராயன் பகுதியிலும், வயநாடு பகுதிகளிலும், ஆந்திராவின் அரக்குப் பள்ளத்தாக்கிலும் பயிரிடப்படுகிறது. வணிக முறையில் தென்னாப்பிரிக்கா, கென்யா, ஆஸ்தி ரேலியா, நியூஸிலாந்து, ஹவாய்த் தீவுப் பகுதிகளில் பயிரிடப்படுகிறது.

இதன் மலர்கள் பொதுவாக அயல் மகரந்தச் சேர்க்கைக்கு உட்பட்டவை. இயற்கை மகரந்தச், சேர்க்கையைவிடச் செயற்கை முறையில் கைகளால் நடத்தப்பட்ட மகரந்தச் சேர்க்கை மூலம் கிடைக்கும் கனிகள் பெரியவையாகவும், சாறுமிக்கவையாகவும் இருப்பதைக் கண்டறிந்துள்ளனர். சில சூழ்நிலைகளில் கனிகள் தோன்றாமைக்குக் காரணம் மகரந்தத் தூள்களின் நிலையேயாகும். தனி மகரந்தத் தூள்கள் நீரோடு தொடர்பு கொண்டால் அவை முளைக்காமல் வெடித்து விடுகின்றன. ஆனால் சூல்முடியை அடைந் தால் மகரந்தத் தூள்கள் வெடிக்காமல் முளைக் கின்றன. மகரந்தச் சேர்க்கையின் போது மழை பெய்தால் கனி உண்டாவதில் இடையூறு ஏற்பட இதுவே காரணமாகும். பொதுவாகப் பூக்கள் மலர்ந்த வுடன் நிமிர்ந்துள்ள சூல்தண்டுகள் மூன்றும் கீழ் நோக்கி வளைந்து மலர் மூடுவதற்குச் சற்றுமுன், மீண்டும் முன்நிலையை அடைந்துவிடும். எப்போதும் நிமிர்ந்தே காணப்படும் சூல்தண்டுகளைக் கொண்ட மலர்களில் பெரும்பாலும் பெண் மலடாகவும், ஆனால் ஆண் செயல் மலர்களாகவும் அமைகின்றன.

கிராண்டில்லாவில் பல வகை உண்டு. குறிப் பாக இளம் ஊதா அல்லது மஞ்சள் வகைகளே காணப்படுகின்றன. இளம் ஊதா வகை உயரமான மலைப்பகுதிகளில் நன்கு வளர்ந்து மிகு பயன் கொடுக்கின்றன. ஆனால் அடிவாரப் பகுதிகளில் அவை தழைப்பகுதிகளை மட்டுமே தருகின்றன. மஞ்சள் வகையைத் தமிழ்நாடு கேரள மாநிலச் சமவெளிப் பகுதிகளில் பயிரிடுகின்றனர். க்ராண்டில் லாவைப் பழத்தோட்டங்களில் ஊடுபயிராகவும் வளர்ப்பதுண்டு. பொதுவாகத் தென்னிந்தியாவில் க்ராண்டில்லாக் கொடிகளை வெட்டிச் சீர் செய்வ தில்லை. ஆனால் கனிகள் புதுக்கிளைகளில் தோன்று வதால், நோயுற்ற கிளைகளைத் தக்க பருவத்தில் நீக்குவது நல்லது.

விளைச்சல். நாற்று நட்ட இரண்டாம் ஆண்டில் பயன்தரத் தொடங்கும். உச்ச விளைச்சல் ஆறாம் ஆண்டிலிருந்து கிடைக்கும். குச்சிகள் மூலம் உண்டாக்கப்பட்ட செடிகள் விரைவில் பயனளிக்கும். ஒரு கொடிக்கு ஏறத்தாழ 7-9 கிலோ அதாவது 150-250 கனிகள் கிடைக்கும். கொடியிலிருந்து உதிர்ந்த கனிகளை இரண்டு நாள்களுக்கொரு முறை திரட்டுவது வழக்கம்.

பயன். கனிக்கு உறுதியான தோல் உள்ளதால் ஓரிடத்தில் இருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எளிதாக எடுத்துச் செல்லலாம். இதன் இளம் ஊதா வகைக் கனிகள் மிகவும் சத்துடையவை. அவற்றில் தோல் 50% சாறு 37% உள்ளன; சத்துப் பகுதியில் சர்க்கரை, அஸ்கார்பிக் அமிலம் வைட்டமின்கள் கரோட்டீன் ஆகியவை காணப்படுகின்றன.

உட்கூட்டுப்பொருள். ஈரப்பசை 80%, நார் 0.05% புளிப்புச்சத்து 3%, சர்க்கரை 5%, புரோட்டீன் 1%, மேலும் கால்சியம், பாஸ்ஃபரஸ், இரும்பு போன்ற வையும் உண்டு.

பா. லாரிஃபோலியா. இதை நீர் எலும்பிச்சை என்றும் கூறுவர்.

பா. ஃபாய்டிடா (*P. foetida*). இதைச் சிறு பூனைக் காலி என்று கூறுவர். தென் அமெரிக்காவிலும், மேற்கிந்தியத் தீவுகளிலும் தன்னிச்சையாக வளர் கிறது. அங்கிருந்து பிற வெப்ப நாடுகளில் புகுத்தப் பட்டுள்ளது. இக்கொடியின் தண்டு, இலை, பிற பகுதிகள் அனைத்தும் பசையோடு கூடிய தூவிகளால் சூழப்பட்டிருக்கும். இதனால் உராயும்போது இக் கொடிகள் கெட்ட மணத்தை உண்டாக்கும். தென்னிந்தியாவில் தரிசு நிலங்களிலும் புறம்போக்கு நிலங்களிலும் இக்கொடியைக் காணலாம். மலர்கள் 4-5 செ.மீ. குறுக்களவு இருக்கும். கனி மஞ்சளாக 3-4 செ. மீ. நீளமிருக்கும். நிலைத்த புறப்புல்லி களால் சூழப்பட்டிருக்கும். சதைப்பற்றுப் பகுதி உண்ணத்தக்கது. ஆனால் காய்ப்பக்குவத்தில் நச்சு உடையது.

காயின் தோல், விதைகள் இவற்றில் நச்சுப் பொருளான ஹைட்ரோஸயனிக் அமிலத்தின் மூலப்

பொருள்கள் உண்டு. காயை மருந்தாகப் பயன் படுத்துவர். குறிப்பாக ஆஸ்த்மா, நரம்புத் தளர்வு வயிற்றைத் தூய்மை செய்தல் ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படுத்துவர். இதன் இலையை மயக்கம், தலைவலி ஆகியவற்றை நீக்கத் தலையில் வைத்துக்கொள்வர். இதன் வடிசாறு சுவாசகாசம், பித்தம் ஆகியவற்றிற் குத் தகுந்த மருந்தாகும்.

தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஐயாந்திணைட்

இது $2UO_3 . 7H_2O$ வேதி உட்கூறைக் கொண்டது. ஐய்ாந்திணைட் (ianthinite) செஞ்சாய் சதுரத் தொகுதியைச் (orthorhombic) சேர்ந்த ஊசி போன்ற படிகம். (100) தளம், அபிரகப் பிளவிற்கு இணை யாகக் காணப்படுகிறது. கறுப்பு மற்றும் ஊதா நிறத்தில் காணப்படும் இது ஓரத்தில் மஞ்சள் நிறமாகக் காணப்படுகிறது. இதிலுள்ள வரிகள் ஊதா மற்றும் பழுப்பு நிறமாகக் காணப்படுகின்றன. இது எதிர் (-) ஒளி சுழற்றும் தன்மை கொண்டது. அச்சுத் தளம், (001) தளத்திற்கு இணையாக உள்ளது. X-அச்சுத்தளம், (001) தளத்திற்குச் செங்குத் தாகக் காணப்படுகிறது. ஒளிவிலகல் எண் $\alpha = 1.674, \beta = 1.90, \alpha = 1.92$ ஆகும். கசோலோ, பெல்ஜியன் காங்கோ ஆகிய இடங்களில் காணப்படும் யுரேனினைட், பெக்கியூரலைட், ஸ்கோ பைட் முதலியவற்றுடன் ஐயாந்தினைட் இணைந்து காணப்படுகிறது.

- இரா. சரசவாணி

ஐரிஷ்கடல்

வட அட்லாண்டிக் பெருங்கடலின் ஒரு பகுதியாகிய ஐரிஷ் கடல் அயர்லாந்தைப் பிரிட்டனிலிருந்து பிரிக் கிறது. ஐரிஷ் கடலின் வடக்கில் ஸ்காட்லாண்டும், கிழக்கில் இங்கிலாந்தும், தெற்கில் வேல்சும் மேற்கில் அயர்லாந்தும் அமைந்துள்ளன. இந்தக் கடல் வட அயர்லாந்து, ஸ்காட்லாண்டுகளுக்கிடையில் வட கால்வாயாலும் அயர்லாந்தின் தென்கிழக்கு முனைக் கும் தென்மேற்கு வேல்சுக்கும் இடையில் ஜார்ஜ் கால்வாயாலும் அட்லாண்டிக் பெருங்கடலுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கடல் ஏறத்தாழ 210கி.மீ. நீளமும் 240கி.மீ. அகலமும் கொண்டது. இக்கடலின் பரப்பளவு ஏறத்தாழ ஒரு இலட்சம் சதுர கிலோமீட்டர் ஆகும். இக்கடலின் பெரும ஆழம் 175 மீட்டர். பண்டைக்காலத்தில் இக்கடல் ஹைபெர் னிகஸ் பெருங்கடல் என்றழைக்கப்பட்டது.

இக்கடலில் இரு முக்கிய தீவுகள் உள்ளன. மான் என்றழைக்கப்படும் தீவு வடபகுதியின் நடுவில் அமைந்துள்ளது. ஏஞ்சல்சே தீவு வடவேல்சுக் கருகில் அமைந்துள்ளது. வேல்ஸ் மொழியில் மான் எனப்படும் இத்தீவின் தொன்மையான பெயர் மான்மாம் சைம்ரு என்பதாகும்.

ஐரிஷ் கடலைச் சுற்றியுள்ள நிலப்பகுதிகளிலுள்ள பழம் பாறைகள் 225-570 மில்லியன் ஆண்டுகள் பழமை வாய்ந்தவை. இங்கிலாந்துக்கு வடமேற்குப் பகுதியின் கடற்பகுதியில் காணப்படும் பாறைகள் டிரையாசிக் காலத்தைச் சார்ந்தவை. இப்பாறைகளே மான் தீவுக்கு வடகிழக்கு முனையிலும் காணப்படு கின்றன. டெர்ஷியரிக் காலத்தில் ஏற்பட்ட நிலப் பிளவால் பாறைகள் வெடித்துச் சிதறிப் பின்னர் படுகைகள் தணிந்து ஐரிஷ் கடல் உண்டாயிருக்க லாம் என்று புவிப்பொதியியல் ஆய்வுகள் குறிப்பிடு கின்றன.

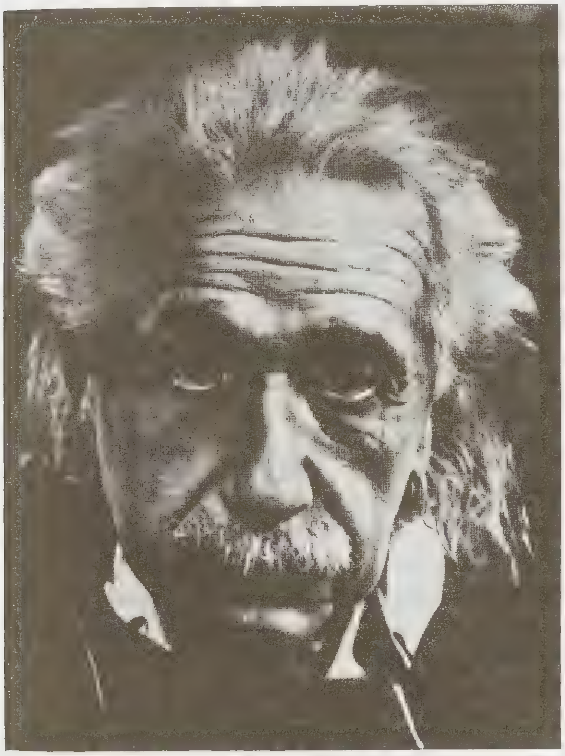
ஐரிஷ் கடலின் மேற்பரப்பு நீரோட்டத்தின் விசை ஐரிஷ் கரைக்கருகில் உள்ள தூய ஜார்ஜ் கால்வாயில் ஏறத்தாழ மணிக்கு 8 கி.மீ. அளவு வரை செல்கிறது. ஐரிஷ் கடலின் மத்திய மேற்குப் பகுதியின் நீரோட்ட விசை மிகவும் குறைவாகும். வடமேற்கு ஆங்கிலக் கரையோரமாகப் பெரும் ஓதங்கள் உண்டாகும். வடக்கு, மேற்குத் திசை களிலிருந்து வரும், ஓத நீரோட்டங்கள் (tidal streams) ஒன்றாகிப் பாய்ந்து மான் தீவுக்கு வடக்காக ஏறத் தாழ 54 வடக்கு அகலாங்கில் ஐரிஷ் கடலில் இணைகின்றன.

லிவர்பூல் என்னும் துறைமுகம் இக்கடலின் கிழக்குக் கரையோரத்தில் அமைந்துள்ளது. மான் செஸ்டர் நகரம் மான்செஸ்டர் கப்பல் கால்வாயால் ஐரிஷ் கடலுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக் கடலின் மேற்கே அமைந்துள்ள டப்ளின் துறைமுகம் அயர்லாந்தின் ஏற்றுமதி வணிகத்திற்குப் பெரிதும் துணை புரிகின்றது. இக்கடலில் கோடைக்காலத்தில் சூடை மீனும் குளிர்காலத்தில் வைட்டிங் மீனும் மிகுதியாகப் பிடிக்கப்படுகின்றன. இவை மட்டு மன்றிக் காட், தட்டைமீன்கள் ஆகியவை அதிக அளவில் பிடிக்கப்படுகின்றன. லிவர்பூலுக்கு வடக்கே 60 கி.மீ. தொலைவில் அமைந்திருக்கும் பிளிட்புட் இங்கிலாந்து மீன்பிடி துறைமுகங்களில் முதன்மை யானது. மேலும் டப்ளினுக்கு அருகில் உள்ள டன் லாவோகேர் கவுத் துறைமுகங்கள் அயர்லாந்தின் மீன்பிடித் துறைமுகங்களில் முக்கியமானவை. இவை மட்டுமல்லாமல் எண்ணற்ற சிறு மீன்பிடி துறைமுகங் களும் உள்ளன.

- ம. அ. மோகன்

ஐன்ஸ்டைன், ஆல்பர்ட் [1879-1955]

இவர், பேரண்டம் பற்றிக் கொண்டிருந்த எண்ணத்தின் அடிப்படையையே மாற்றினார். வெளி (space) பற்றியும் காலம் (time) பற்றியும் இவர் கொள்கைகள் உருவாவதற்கு முன்னர் எண்ணியது போன்று இன்று எண்ணுவதில்லை. ஐசக் நியூட்டன் காலம் முதல் நிலவி வந்த அடிப்படைக் கொள்கைகளை இவர் மாற்றினார்.



ஐன்ஸ்டைன் 1879 ஆம் ஆண்டு மார்ச் திங்கள் ஜெர்மனியிலுள்ள உல்ம் என்னும் ஊரில் பிறந்தார். ஓராண்டுக்குப் பிறகு இவர் தம் குடும்பம் மியூனிச் நகர்ப் பகுதிக்கு இடம் பெயர்ந்தது. அங்கு இவர் தந்தையார் ஒரு மின்வேதி தொழிற்கூடத்தை அமைத்து நடத்தி வந்தார். ஐன்ஸ்டைன் மியூனிச் நகரில் 15 ஆண்டுகள் இருந்தார். தாயார் இசையில் ஈடுபாடு உள்ளவர். பின்னாளில் இவருக்கு மிகவும் இன்றியமையாத நிலையில் ஓய்வும் மகிழ்ச்சியும் கொள்ளத் தேவையாக இருந்த இசையார்வம், இவர் ஆறு அகவையில் வயலின் இசைக்கருவிப் பாடம் கேட்டபோதே தொடங்கியது. வகுப்பு அறையில்இவர் மிகுதிறன் காட்டாவிடினும் உலக அளவில் தாமே பயின்று அனைவரினும் வல்லவராகத் திகழ்ந்தார். 15 ஆம் அகவையில் தாமே முயன்று நுண்கணிதம் (calculus) கற்றார். இவர் எளிய புத்தகங்களைப் படிப்பதில்லை. ஆனால் கணிதம், இயற்பியல், மெய்யறிவு பற்றிய நூல்களை ஆர்வத்துடன் கற்பார். கட்டுப்பாட்டுடன் கூடிய கடுமையான விளையாட்டுகளில் இவர் கலந்து கொள்வதில்லை. இவர் காலத்தில் மியூனிச் நகரில் படை வீரர்கள் அணிவகுத்து நடை பயில்வது அன்றாட நிகழ்ச்சியாக இருந்து வந்தது. மனிதன் தனித்தன்மைகெட்டு எந்திரமாக மாறுவதை வெறுத்தார். மியூனிச் நகரில் பொதுக் கல்வி பயிற்றுவிக்கும் பள்ளிகள் நடைமுறையில் இல்லை. பல்வேறு சமயங்களைச் சார்ந்த, பள்ளிகளில் தொடக்கக் கல்வி பயிற்றுவிக்கப்பட்டு வந்தது. ஐன்ஸ்டைன் ஒரு தொடக்கப் பள்ளியிலும், அடுத்து ஒரு மேல்நிலைப் பள்ளியிலும் பயின்றார். பள்ளி வாழ்க்கை இவருக்கு மகிழ்ச்சியையோ வெற்றியையோ தரவில்லை. மாணவர்கள் உருப்போட்டு ஒப்புவிக்கக் கட்டாயப்படுத்தப்பட்டனர். பாடங்கள் பற்றி ஆசிரியருடன் எளிய இனிய முறையில் கலந்துரையாடும் வாய்ப்பு அறவே இல்லாமலிருந்தது. பள்ளிகளில் சமயங்கள் பற்றிய கல்வி அறவழியில் இவரை நிற்கச் செய்தது. சமயச் சடங்குகள் யாவும் அடிப்படையில்லாத நம்பிக்கையில் எழுந்தவையென்றும் மனிதனைத் தனியே சிந்தித்து முடிவெடுக்க விடாமல் தடுப்பன என்றும் எண்ணினார். ஐன்ஸ்டைனின் உறவினரும் பொறியியலாருமான ஒருவர் இவருக்குக் கணிதத்தில் பெரும் ஈடுபாட்டை உண்டாக்கினார். சிறப்பாக அளவை முறையை அடியாகக் கொண்டு உண்மை எது என்பதை நிறுவிக்காட்டும் வடிவக் கணிதம் (geometry) ஐன்ஸ்டைனைப் பெரிதும் கவர்ந்தது. இளமைக் காலத்தில் இவர் வாழ்வில் நிகழ்ந்த சிறப்பு நிகழ்ச்சிகளாக ஐந்து அகவையில் அன்பளிப்பாக இவர் பெற்ற ஒரு காந்தத் திசைகாட்டியையும் (magnetic compass), பன்னிரண்டு அகவையில் படித்த யூக்ளிட் வடிவக் கணிதத்தையும் (Euclid's geometry) குறிப்பிடுகிறார். இளமையில் இந்தப் புத்தகத்தால் கவரப்படாத எவரும் கொள்கையியல் அடிப்படை ஆய்வாளராக இருத்தல் இயலாது என்கிறார்.

ஐன்ஸ்டைன் 15 ஆம் அகவையினை எய்திய போது தந்தையார் மியூனிச் நகரிலிருந்து மின் தொழிற்சாலையை மூடிவிட்டு இத்தாலி நாட்டு மிலான் நகரத்திற்குச் செல்ல நேர்ந்தது. ஐன்ஸ்டைனும் சிலகாலம் கழித்து மிலான் நகர் சென்று பெற்றோர்களுடன் சேர்ந்தார். கணிதத்திலும், இயற்பியலிலும் ஈடுபாடுகொண்ட அவர் சுவிட்சர்லாந்தில் சூரிச் (Zurich) என்னும் இடத்தில் உள்ள தொழிற் கல்விக் கூடத்தில் சேர்வதற்கான நுழைவுத் தேர்வை எழுதினார். எனினும் அதில் இவர் தோல்வியுற்றார். மொழி, விலங்கியல், தாவரவியல் ஆகிய பாடங்களில் இவர் போதுமான மதிப்பெண் பெறவில்லை. அப்பாடங்களை

இவர் மியூனிச் பள்ளிகளில் கற்கவும் இல்லை. இருப்பினும் கணிதத்திலும், இயற்பியலிலும் சிறந்த முறையில் தேர்வு பெற்றிருந்தார். இவரது கணித அறிவைக் கண்டு வியந்த தொழிற்கல்விக்கூட இயக்குநர் இவர் நுழைவுத் தகுதி பெறுவதற்காக ஓராண்டு சுவிட்சர்லாந்து பள்ளியொன்றில் பயிற்சி பெற உதவினார். ஐன்ஸ்டைன் தம் வாழ்விலேயே பள்ளி வாழ்க்கை சுவையாக இருப்பதை அங்குதான் முதன் முதலாக உணர்ந்தார். அங்கு நெட்டுருப்போட்டு ஒப்புவிக்கும் தொல்லை இல்லை. மாணவர்கள் தாங்களே சிந்திக்க வேண்டும் என எதிர்பார்க்கப்பட்டனர். ஆசிரியர்களும் மாணவருடன் கலந்து பல்வேறு பாடங்கள் பற்றி உரையாடுவதை விரும்பி வரவேற்றனர். ஐன்ஸ்டைன் படிப்பை முடித்துக் கொண்டு சூரிச் தொழில் நுட்பக் கல்விக் கூடத்தில் சேர்ந்தார். கல்லூரியில் படிப்பை நன்கு முடித்து வெற்றியுடன் வெளிவந்தார்.

பட்டம் பெற்ற பின்னர் சில காலம் எந்த வகையான வேலையும், பணி முன் பயிற்சியும் கிடைக்காமல் இருந்தார். இரண்டாண்டுக்காலம் பல்வேறு பள்ளிகளில் பாடம் சொல்லும் ஆசிரியராகப் பணியாற்றி இறுதியில் பெர்ன் நகரில் உள்ள பதிவுரிமை அலுவலகத்தில் (patent office) ஒரு தொழில் நுட்ப வல்லுநகராகச் சேர்ந்தார்.

ஐன்ஸ்டைன் அயராது உழைப்பவர். தம் பணியிடையே முனைவர் பட்டம் (Ph D: Degree) பெறுவதற்கான தகுதிகளைத் தேடிக் கொள்ளவும் அவருக்கு ஓய்வு நேரம் இருந்தது. பதிவுரிமை அலுவலகத்தில் இருந்த ஏழாண்டுக் காலத்தில் சிறந்த பல கட்டுரைகளை எழுதி வெளியிட்டார். 1905 ஆம் ஆண்டில் மட்டும் நான்கு கட்டுரைகளை எழுதி முடித்தார். அவற்றுள் ஒவ்வொன்றும் அவருக்குப் புகழ் சேர்க்கப் போதுமானதாக இருந்தும் ஒரு கட்டுரை மட்டும் இவர்தம் சிறப்புச் சார்புக் கொள்கை (special theory of relativity) பற்றியதாக இருந்தது. மற்றொரு கட்டுரை கதிர்வீச்சு சிறுசிறு தொகுதி முடிச்சுகளாக, குவாண்ட்டம்களாகப் பாய்ந்து செல்கின்றது என முடிவு செய்தது. இந்தக் கட்டுரை ஒளி மின் விளைவுக்கு (photoelectric effect) விளக்கம் தந்தது. இதற்காகவே 1921 ஆம் ஆண்டு ஐன்ஸ்டைனுக்கு நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. மூன்றாம் கட்டுரை பிரவுணியன் இயக்கமானது அசையாமல் இருக்க வேண்டிய, ஒரு நீர்மத்துள் காணும், சிறு துகள்கள் அங்கும் இங்குமாகச் சிதறியோடியாடுவது மூலக்கூறுகள் உள்ளன என்று நிறுவுவதற்கு நேரான சான்றாகும் எனக் காட்டியது. நான்காம் கட்டுரை பொருண்மை (mass), ஆற்றல் (energy) ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள சமன்பாட்டை விளக்கியது. இத்தகைய கட்டுரைகளால் ஐன்ஸ்டைன் உலகப் புகழ் பெற்று இருந்தாலும் 1911 ஆம் ஆண்டுவரை இவருக்குக் கல்வித் துறையில் ஏற்றதொரு பணி கிட்டவில்லை. இதற்கிடையில் 1907 ஆம் ஆண்டில் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் காணும் வெப்பக் கொள்ளளவு மாற்ற நிகழ்விற்குக் குவாண்ட்டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்கம் தந்தார். 1916 இல் பொதுச் சார்புக் கொள்கை (general theory of relativity) பற்றிய கட்டுரையினை வெளியிட்டார். 1913 இல் பெர்லினில் உள்ள கெய்சர் வில்ஃகெம் கழகத்தில் ஓர் ஆய்வாளராகப் பதவி ஏற்றார். இக்காலத்தில் இவர் சிறப்புமிக்க பல கட்டுரைகளை எழுதி வெளியிட்டார்.

வெளிநாடுகளில் சென்று சொற்பொழிவு ஆற்ற வேண்டி அழைப்புகள் ஐன்ஸ்டைனுக்கு வந்தன. 1933 இல் ஹிட்லர் ஆட்சிக்கு வந்த நேரத்தில் அவர் அமெரிக்க நாட்டில் இருந்தார். ஐன்ஸ்டைன் யூதராக இருந்ததாலும், ஜெர்மனியின் நாசிக் கட்சியினரை வெளிப்படையாக எதிர்த்துப் பேசுபவராக இருந்ததாலும் அவர்தம் உடைமைகள் பறிக்கப்பட்டதோடு ஜெர்மன் நாட்டில் குடியிருக்கும் உரிமையையும் அவர் இழந்தார். பின் நியூசெர்சி மாநிலத்தில், பிரின்ஸ்ட்டனில் உள்ள உயர் ஆய்வுக்கூடத்தில் ஒரு பணியினை ஏற்று அமெரிக்கக் குடிமகன் ஆனார். ஜெர்மனிக்கு எதிராக நிகழ்ந்த போரை முற்றிலும் ஆதிரித்துத் தம்மால் இயன்ற அனைத்தையும் ஐன்ஸ்டைன் செய்தார். அமெரிக்க நாட்டுத் தலைவராக இருந்த ரூஸ்வெல்ட்டுக்கு அணுகுண்டு தயாரிக்கும் திட்டத்தை உடனடியாக அமெரிக்கா மேற்கொண்டாக வேண்டும் என்று 1939 ஆம் ஆண்டில் கருத்துக் கூறியதோடு, ஜெர்மானியர்கள் அணு ஆற்றல் பற்றி ஆய்வு மேற்கொண்டிருப்பதைச் சுட்டிக்காட்டி அவர்கள் முந்திக்கொள்ளலாம் என்றும் எச்சரிக்கை விடுத்தார். ஆறு ஆண்டுகள் கழித்து, 1945 ஆம் ஆண்டு 6 ஆம் நாள் ஜப்பான் நாட்டு ஹீரோஷிமா நகரில் பொருண்மையை ஆற்றலாக மாற்ற முடியும் என்னும் ஐன்ஸ்டைனின் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் அமைந்த அணுகுண்டு ஒன்று வீசப்பட்டு வெடித்தது. 60 ஆயிரம் மக்கள் வீடிழந்தனர். ஏறத்தாழ 600 கட்டடப்பகுதிகள் இருந்த இடம் தெரியாமல் சிதைந்தன. சில நாள்களுக்குப் பின்னர் இதே வகையான ஓர் அணுகுண்டு நாகசாகி என்னும் நகர் மீதும் வீசப்பட்டது. ஜப்பான் அரசு அடிபணிந்தது. இரண்டாம் உலகப் பெரும் போர் முடிந்தது. அணுகுண்டு வெடிப்பு பற்றி ஐன்ஸ்டைன் பெரிதும் வருந்தினார். அணுகுண்டு ஆற்றல் பற்றிய உண்மையை அறிவித்து ஜப்பான் அரசைப் பணிய வைக்க முடியும் என்றே அவர் நம்பினார். ஆனால் அணு குண்டு ஜப்பான் மக்கள் மீது வீசப்படும் என ஐன்ஸ்டைன் நினைத்தும் பார்க்கவில்லை. போர் முடிவுற்ற பின்னர் அணுவாற்றலைக் கட்டுப்பாட்டிற்குக் கொண்டு வருவது பற்றி அனைத்து நாட்டு உடன்பாடு காண்பதில் பெரிதும் முன்னின்று உழைத்து வழி காட்டினார்.

ஐன்ஸ்டைன் தம் பிற்கால வாழ்க்கையில் பேரண்டங்களில் செயல்படும் அனைத்து விசை

களுக்கும் விளக்கம் தரும் வகையில் ஒருங்கிணைந்த ஒரு கோட்பாட்டினை (unified field theory) உருவாக்குவதில் முனைந்தார். இவ்விசைகள் அணுக்களுள்ளும், அணுக்களிடையேயும் செயல்படும் விசைகளிலிருந்து சூரியக் குடும்பக் கோள்களையும், அண்டங்களிலுள்ள விண்மீன்களையும் இழுத்துப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் ஈர்ப்புவிசை (gravitation) வரை அடங்கும். அம்முயற்சியில் ஐன்ஸ்டைன் எந்த அளவிற்கு வெற்றி கண்டுள்ளார் என எதிர்வில் தான் மதிப்பிட்டுச் சொல்ல முடியும். ஆனால் அவர் பணியால் எழுந்த சிக்கல் நிறைந்த பல புதிய புதிர்கள் இக்கால அறிவியலிலும், அண்டவியலிலும் புதிய கோட்பாடுகளை உருவாக்கியுள்ளன. 1955 ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 18 ஆம் நாள் பிரின்ஸ்டனில் ஐன்ஸ்டைன் காலமானார்.

20 ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் அறிவியலார் கொள்கையளவில் பல பெரும் சிக்கல்களை நேருக்குநேர் சந்திக்க வேண்டியிருந்தது. வெளி, காலம், இயக்கம் பற்றி 17 ஆம் நூற்றாண்டில் ஐசக் நியூட்டனால் உருவாக்கப்பட்டு இயற்பியலில் உச்சிமேற்கொண்டு பாராட்டப்பட்டு வந்த கோட்பாடுகள் அண்மைக் காலங்களில் வெறும் செய்திகளுக்கு விளக்கம் தருவனவாக இல்லை. நியூட்டனின் பேரண்டம், வெளி, காலம் என்ற நிலையான சட்டங்களிடை அகப்பட்ட ஒன்றாக இருந்தது. பொருள் ஒன்றின் இயக்கத்தை வேறு ஒரு பொருளோடு ஒப்பிட்டுக் காணவேண்டிய தேவையின்றி, வெளி, காலமாகிய சார்பற்ற இந்த நிலையான சட்டத்தை அடியாகக் கொண்டு மதிப்பிட்டுக் காண முடியும் என்று கருதப்பட்டது. ஒளியானது குறிப்பிட்டதொரு திசைவேகத்தில் செல்லும் மின்காந்த அலை என்று கண்டு தெளிந்த பின்னர் வெற்று வெளியில் அது எவ்வாறு பாய்ந்து செல்கிறது என்பதற்கு அறிவியலார் விளக்கம் தர முயன்றார்கள். வெளி முழுதும் ஈத்தர் என்ற ஓர் ஊடகம் நிறைந்திருப்பதாகவும், அதுவே அலைகளைச் சுமந்து செல்கின்றது என்றும் கருத்தளவில் ஒரு கொள்கையை முன் வைத்தனர். இந்தக் கொள்கையின் அடிப்படையில் எதிர் பார்க்கப்படும் விளைவுகளுள் ஒளியின், உணரப்படும் வேகமானது ஈத்தர் ஓட்டத்தோடு அல்லது ஈத்தர் ஓட்டத்தை எதிர்த்துச் செல்வதற்கேற்ப மாறுபட்டாக வேண்டும் என்பதும் அடங்கும். இருந்தாலும் ஏ.ஏ. மிக்கல்சன் (A. A. Michelson), எட்வர்டு டபிள்யூ மார்லி (Edward W. Morely) என்னும் இரு அமெரிக்க அறிவியலார்கள் மேற்கொண்ட ஆய்வுகளில் அத்தகைய வேறுபாடு எதையும் காண முடியவில்லை. ஒளியின் வேகம் நியூட்டனது விதியினைப் பின்பற்றவில்லை. இவ்வுண்மையும் மற்றும் சில சிக்கல்களும் அறிவியல் உலகத்தைப் பெருங்குழப்பத்தில் வைத்திருந்தன.

மிக்கல்சன் கண்ட முடிவை அடிப்படையாகக் கொண்டு பழைய அறிவியலின் அடிப்படையையே மாற்றி அமைக்கும் வகையில் சில கொள்கைகளை மேற்கொண்டு குழப்பங்களுக்கு எல்லாம் ஐன்ஸ்டைன் விடை கண்டு கூறினார். நிலையான ஒரு பேரண்டத்தில் சார்பற்ற இயக்கம் (absolute motion) என்பது எதுவும் இல்லை. மாறாக எந்த ஒரு பொருளின் இயக்கத்தையும் மற்ற பொருள்களின் இயக்கங்களோடு ஒப்பிட்டே கூற முடியும். ஒளியின் திசைவேகம் (velocity) மட்டும் சார்பிலாத் தன்மை வாய்ந்தது. அது காண்போரின் சார்பியக்கம் எத்தகையதாக இருந்தாலும் மாறுவது இல்லை. காலம் என்பதும் சார்புத் தன்மையதே. காண்போரின் சார்பு இயக்கத்திற்கேற்பக் கடிகாரங்கள் வேகமாகவோ, மெதுவாகவோ ஓடுகின்றன. பேரண்டத்து இயற்கை பற்றிய நம் அறிவில் ஏற்பட்ட இம்மாற்றங்கள் மிகவும் அடிப்படையானவை. ஐன்ஸ்டைன் ஒரு பொருளின் பொருண்மை அதன் திசைவேகத்தைச் சார்ந்ததுள்ளது என்றும் கண்டார். விரைவாக ஒரு பொருள் நகர்ந்தால் அதன் பொருண்மையும் அதிகமாகிறது. ஒளியின் வேகமே உயர் எல்லை வேகமும் ஆகும். இதிலிருந்து பொருளும் ஆற்றலும் (matter & energy) சம மதிப்புடையன என்று முடிவு செய்யும் ஒரு நிலை ஏற்பட்டது. அவரது புகழ் வாய்ந்த, $E = mc^2$ என்னும் சமன்பாடு ஆற்றலின் அளவானது பொருளின் பொருண்மையினை ஒளியின் வேகத்தின் இருமடியால் பெருக்கி வரும் தொகைக்குச் சமம் எனப் பேசுகிறது. இந்தக் கொள்கையின் அடிப்படையில்தான் அணுகுண்டு உருவாக்கப்பட்டது. முன்னரெல்லாம் மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு ஈத்தர் ஊடகத்தில் ஏற்படும் ஓர் அதிர்வி (disturbance) என்று கருதப்பட்டது. இப்பொழுது அது பொருள்போன்ற ஓர் இயற்பியல் உண்மையினைக் கொண்டுள்ளது எனக் கருதப்படுகிறது. 1900 ஆம் ஆண்டில் மாக்சு பிளாங்கு (Max plank) என்னும் அறிவியலாரால் உருவாக்கப்பட்ட குவாண்ட்டம் கோட்பாட்டின் (quantum theory) வளர்ச்சிக்கு ஆக்கம் தரும் வகையில் சில அடிப்படை உண்மைகளைக் கண்டு வெளியிட்டார். இக்கால அறிவியலுக்கு மிகவும் அடிப்படையாக உள்ள குவாண்டம் கோட்பாட்டுக் கதிர்வீச்சு, தொடர் நிகழ்வாக இல்லாமல் சிறு சிறு முடிச்சுகளாக (குவாண்ட்டா) அதேசமயத்தில் அலைத்தன்மை கொண்டதாக இருக்கும் வகையில் ஆற்றல் உமிழவோ, உறிஞ்சவோ படுகின்றது எனப் பேசுகிறது. இந்தக் கோட்பாடு இயற்பியலில் ஏற்பட்டுள்ள பல சிக்கல் நிறைந்த புதிர்களை விடுவிக்க உதவுவதை ஐன்ஸ்டைன் அறிவியலாருக்கு எடுத்துக் காட்டிக் குவாண்டம் கோட்பாட்டினைப் பொதுவாக ஏற்கச் செய்தார். மேலும் அறிவியல் வளர்ச்சிக்கான ஐன்ஸ்டைனின் கட்டுரைகளில் தூண்டப்பட்ட கதிர்வீச்சு (induced radiation) என்பது சிறப்பிடம் பெறுவதாகும். இந்தச் செயல் முறை லேசர்கள் என்னும் கருவியமைப்பைக் காண்பதில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

- சு. மகாதேவன்

ஐன்ஸ்டைனியம்

இது செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்படுகிற ஒரு தனிமம். இதன் குறியீடு Es; அணு எண் 99. ஐன்ஸ்டைனியம் (Einstenium) ஒரு கதிரியக்கத் தனிமமாகும். இது தனிம மீள் வரிசை அட்டவணையில் ஆக்டினைடு தொகுதியில் பத்தாவது இடத்தைப் பெற்றுள்ளது. ஆக்டினைடு தொகுதியில் இது தான் மிகவும் கனமான தனிமமாகும்.

Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII	VIII	VIII	Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Ha	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

லாந்தனைடு தொகுதி	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
ஆக்டினைடு தொகுதி	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Es^{3+} அயனியின் அயனி ஆரம் 0.97 A. 1952 ஆம் ஆண்டு தென்பசுபிக்கில் நடைபெற்ற முதல் ஹைட்ரஜன் குண்டு ஆய்வின்போது ஐன்ஸ்டைனியமும், ஃபெர்மியமும் அறிவியல் வல்லுநர்களால் கண்டறியப்பட்டன. மேற்கூறிய இரு தனிமங்களும் கலிஃபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தின் கதிர்வீச்சு ஆய்வுக்கூட அறிவியல் அறிஞர்களாலும், ஆர்கானே தேசிய ஆய்வுக்கூட அறிவியலாளர்களாலும், லாஸ் ஆலமஸ் அறிவியல் ஆய்வுக்கூட அறிவியல் வல்லுநர்களாலும் கண்டறியப்பட்டன. ஆய்வின்போது உண்டாக்கப்பட்ட யுரேனியம் ஐசோடோப் இறுதியில் சிதைந்து ஐன்ஸ்டைனியத்தையும், ஃபெர்மியத்தையும் தருகின்றது என்று அவர்கள் கண்டறிந்தனர். 1961 ஆம் ஆண்டு பெர்க்லியில் உள்ள கலிஃபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தில் கன்னிங்ஹாம், வால்மன் பிலிப்ஸ், காட்டி ஆகியோரால் ஐன்ஸ்டைனியம் முதன் முதலாகப் பிரித்தெடுக்கப்பட்டது. இதைக் கண்டுபிடித்தவர்கள், ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டைனைச் சிறப்பிக்கும் வகையில் இதற்கு ஐன்ஸ்டைனியம் என்று பெயரிட்டனர்.

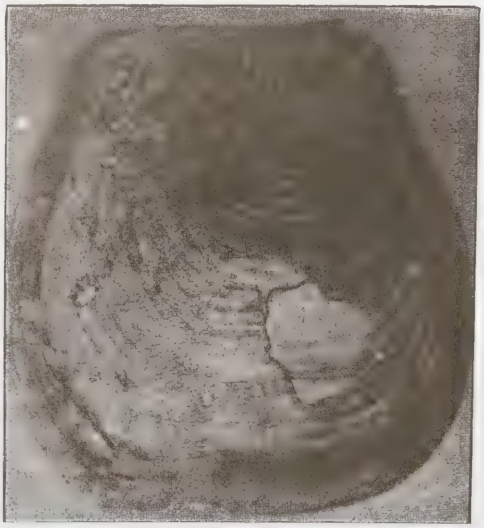
ஐன்ஸ்டைனியம் பல கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டது. இதன் அனைத்து ஐசோடோப்புகளும் கதிரியக்கத் தன்மை வாய்ந்தவை. Es^{253}, Es^{254}, Es^{255} ஆகிய ஐசோடோப்புகளின் அரை ஆயுள் காலம் முறையே 20.5, 276, 38.3 நாள்களாகும்.

Es^{253} ஓரிடத்தனிமம் மற்ற ஆக்டினைடு தனிமங்களிலிருந்து அயனிப் பரிமாற்ற முறையில் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றது. இம்முறையில் அயனிப் பரிமாற்ற ரெசின்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மற்ற ஆக்டினைடு தனிமங்களுடன் ஐன்ஸ்டைனியம் சேர்ந்திருக்கும் நிலையில், இதைத் தனியாகக் கண்டறிவதற்கு அயனிப்பரிமாற்ற நிறச்சாரல் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது ஒரு வீரியமிக்க தனிமம். இது சிறிதளவு ஆவியாகக் கூடியது. இதன் உருகு நிலை 860°C. இது நீர்த்த கரைசல்களில் + 3 ஆக்சிஜனேற்ற நிலையைக் கொண்டிருக்கின்றது. ஐன்ஸ்டைனியத்தின் பண்புகள் மற்ற ஆக்டினைடு தனிமங்கள் பண்புகளை மிகவும் ஒத்திருக்கின்றன. Es^{3+} அயனி நிலையானது. வலிமையான ஒடுக்க வினையின் போது Es^{2+} அயனி உண்டாகின்றது. திண்ம நிலையில் Es_2O_3, $EsCl_3$, EsOCl, $EsBr_2$, E_3Br_3 E_3I_3 ஆகியவை தயாரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

- பொ. அனந்தகிருஷ்ண நாடார்

ஐனோசெராமஸ்

அற்றுப்போன தட்டுக்காலிகள் (pelecypoda) வகையைச் சேர்ந்த பேரினம் ஐனோசெராமஸ் (inoceramus)



ஐனோசெராமஸ் புதைபடிவம்

ஆகும். ஜுராசியக்காலம் கிரிட்டேசியக்காலம் வரையிலான தொல்லுயிரூழிக் காலத்தைக் (19 கோடி முதல் 6 கோடியே 50இலட்சம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால்) சார்ந்த ஐனோசெராமஸ் புதை படிவங்கள் கண்டெடுக்கப்பட்டுள்ளன. கிரிட்டேசியக் காலப் பாறைகளில் கண்டெடுக்கப்பட்ட ஐனோசெராமஸ் படிவம் நல்ல ஓட்டினைக் கொண்டுள்ளது. பெரிதாகவும், உறுதியானதாகவும் காணப்படும் இம்மட்டியின் ஓடு பல வரிப்பள்ளங்களைக் கொண்டுள்ளது.

இதனால் இப்பேரினத்தை அடையாளங்காண்பது எளிதாகின்றது. ஓட்டின் மேற்பகுதியில் காணப்படும் சிறு பள்ளங்கள், ஓடு மூடுவதற்கு உதவும் படலங்கள் பொருந்தியுள்ள பள்ளங்களாகும்.

- ம. அ. மோகன்

ஐசோயேசி

இந்தத் தாவரக் குடும்பம், இரு வித்திலைத் துணைப் பிரிவைச் சேர்ந்ததாகும். ஐசோயேசி (*Aizpaceae*) என்ற பெயர் எங்க்ளர் ப்ரேண்டல் என்ற ஜெர்மானிய வகைப்பாட்டியலரால் சூட்டப்பட்டதாகும். தலைசிறந்த வகைப்பாட்டியலார் எனப்படும் பெந்தம், ஹுக்கர் என்போர் முதலில் இக்குடும்பத்திற்கு ஃபைகாய்டி (*Ficoideae*) என்று பெயரிட்டனர். படிமலர்ச்சி வகைப்பாட்டில் இக்குடும்பத்தின் நிலை பற்றிப் பல சிக்கல்கள் உள்ளன. இதனால் வகைப்பாட்டில் பல வேறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன.

ஐசோயோசி குடும்பத்தில் 130 இனங்களும் 1200 சிற்றினங்களும் உண்டு. பொதுவாக இக்குடும்பச் செடிகள் ஈரப்பசையற்ற வெப்பச் சூழ்நிலையை நாடி வளரும். பெரும்பாலும் குட்டையான செடிகளாகவே இருக்கும். இலைகள் தனித்தவை, மாற்றிலை அல்லது எதிரிலையடுக்கு அமைப்புடையவை. சில இனங்களில் சுற்று அமைப்புக் காணப்படும். இலையடிச் செதில்களற்றவை. இலைப்பரப்பு (blade) பொதுவாகச் சதைப்பற்றாகக் காணப்படும். இலையினுள் நீர்ச் சேமிப்புத் திசுக்கள், ஒளிச்சேர்க்கைத் திசுக்களுக்கிடையே அமைந்திருக்கும். மீசம்ப்ராந்திமம் (*Mesem bryanthemum*) என்று கூறப்படும் செடியின் இலையமைப்பு, பல சிறப்புப் பண்புகளைக் கொண்டதாகும்.

பெருவாரியான சிற்றினங்களின் இலைப்புறத் தோலில் மெழுகுப் படலத்துடன் தூவிகளும் காணப்படுவதுண்டு. தென் மற்றும் மேற்கு ஆஸ்திரேலியா, கலிபோர்னியா, ஆப்பிரிக்க கேப் மாநிலத்தின் மணற்பாங்கான பகுதிகளில் காணப்படும். மீ.க்ரிஸ்டெல்லைனம் (*M. Crystallinum*) என்ற சிற்றினத்தைப் பனிச் செடி என்பர். இதற்குக் காரணம் இதன் இலைகளின் புறத்தோலில் நீர் தேங்கக் கூடிய பை போன்ற தூவிகள் காணப்படுவதேயாகும். அவை பார்வைக்குப் படிகங்கள் போல் இருக்கும்.

உள்ளமைப்பு. சில இனத்தண்டுகளின் வாஸ்குலார் திசுக்களில் காணப்படும் ஆக்கத்திசு நிலையற்றது. அவற்றின் செயல் நின்றவுடன் புதிய கேம்பியம், பழைய வாஸ்குலார் வளையத்திற்கு வெளியே தோன்றிச் செயல்படும். இவ்வாறு பல வாஸ்குலார் வளையங்கள் இயல்பற்ற முறையில் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

மஞ்சரி. மீசம்ப்ராந்திமச் சிற்றினங்களில் நுனி மஞ்சரியாகவும் டெட்ரகோனியா (*Tetragonia*) என்ற இனத்தில் இலைக்கோண வகையாகவுமிருக்கும். மலர்கள் சிறிய கொத்தாக இருபக்க (dichasial) அல்லது ஒருபக்க (monochasial) அரிதாகப் பலபக்கச் (polychasial) சைம் வகைகளைச் சேர்ந்தவையாக இருக்கும்.

மலர். பொதுவாக இருபால் ஒழுங்கு மலர்கள்; மலரின் உறுப்பு அமைப்பில் வேறுபாடுகள் காணப்பட்டாலும் அது ஓர் எளிமையான அடிப்படை அமைப்பின் மாறுபாடேயாகும். மிகவும் எளிய வகையான

ட்ரயான்திமா

1. கிளையின்பகுதி 2. மலர் 3. கனி 4. கனிவெட்டுத் தோற்றம்.

செசுவியம் மலரில் 3 வட்டங்களே காணப்படும். அவை பூ இதழ் வட்டம், மகரந்தத்தாள் வட்டம், கார்பெல்கள் வட்டம் என்பன.

புல்லிவட்டம். புல்லிக்குழல் சூலகத்திலிருந்து தனித்தும் 4 அல்லது 5 ஆகப் பிளவுபட்டும் இருக்கும். உட்புறம் வண்ணத்தோடு காணப்படும்.

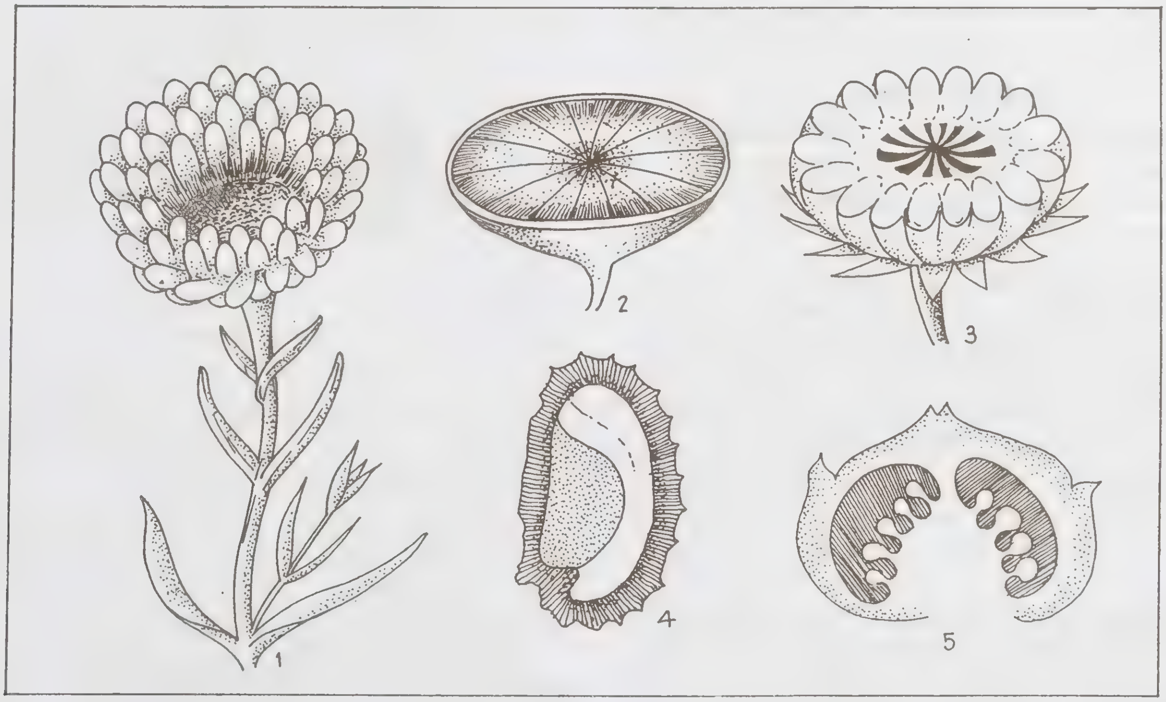
அல்லிவட்டம்: பொதுவாகக் காணப்படுவதில்லை. சில இனங்களில் உண்டு. எ. கா: ட்ரயான்திமா (*Trianthema*)

மகரந்தத்தாள் வட்டம். மகரந்தத்தாள்களின் எண்ணிக்கையில் வேறுபாடு காணப்படுகிறது. 3 முதல் எண்ணிக்கையற்றநிலை வரையுண்டு.

மொல்லுகோ வெர்டிசிலேடா (*Mollugo verticillata*) என்ற இனத்தில் 3 மகரந்தத்தாள்களும், சிப்சீலியா என்ற இனத்தில் ஒரு மகரந்தத்தாளுமே காணப்படும். கலினியா என்ற இனத்தில் மகரந்தத்தாள்கள் இணையாகக் காணப்படும். பெரும்பாலான மலர்களில் இரட்டிப்படைதல் (redoublement) என்ற பண்பு மிகவும் இயல்பாகக் காணப்படுகிறது. 5 மகரந்தத்தாள்கள் கருநிலையிலேயே பிளவுபட்டு எண்ணிலடங்காத் தாள்களாகக் காணப்படுகின்றன. மீசம்ப்ராந்திமம் வண்ண வெளிச்சுற்றுகளிலுள்ள மகரந்தத்தாள்கள் மலடாகி, இதழ்போன்று உருமாறி விடுவதுமுண்டு. மகரந்தத்தாள்கள் அல்லது உரு மாறிய மலட்டு மகரந்தத்தாள்கள் புல்லிவட்டத்தின் கழுத்துப் பகுதியில் இணைந்திருக்கும். சில மலர்களில் அவை கற்றையாகப் புல்லிகளுக்கு எதிரில் அமைந்திருக்கும். எ. கா. ஐசூன் (*Aizoon*) மகரந்தக்காம்புகள் மெல்லிதாக மயிர்போல் நீண்டிருக்கும்.

சூலகம். 3அல்லது 5கார்பெல்கள் கொண்டு பொதுவாக இணைந்தவை. கைசீகியா என்ற இனத்தில் இணையாமல் தனித்திருக்கும். பொதுவாக மேல் மட்டச் சூல்பை. ஆனால் மீசம்ப்ராந்திமம் டீலோஸ்பெர்மா என்ற இனங்களில் கீழ்மட்டச்சூல்பை காணப்படும். சூலறைகள் சூலிலைகளின் எண்ணிக்கைக்கு ஒத்திருக்கும். சூல்தண்டுகள் 4 அல்லது 5 தனித்தவை. மயிர்போல் மெல்லியவாக நீண்டிருக்கும். சூல்கள் பல பொதுவாக அச்சொட்டுமுறை. மீசம்ப்ராந்திமம் இனத்தில் சூலொட்டுச்சமற்ற திசு வளர்ச்சியின் காரணமாகத் தொடக்கத்தில் அச்சொட்டு (axile) முறையிலும், கீழ் ஒட்டுமுறையிலும் (basal) மாறி இறுதியில் சுவர் ஒட்டு (parietal) முறையாக முடிவதைக் காணலாம்.

கனி. உலர்வெடி கனி காப்சூல் வகையைச் சேர்ந்தது. மீசம்ப்ராந்திமம் கனிகள் வால்வு காப்சூல்கள் ஆகும். மேலும் அவை ஈரப்பசை நாட்டம் கொண்டவையாகும். ஈரச்சூழ்நிலையில் வால்வுகள்



மீசம்ப்ராந்திமம்

1. மலரோடு கூடிய கிளை, 2. காய் மூடிய நிலை. 3. காய் ஈரப்படுத்திய நிலை 4. விதை வெட்டுத் தோற்றம், 5. சூலகம்.

திறந்து, விதைகள் வெளிப்படும்; ஆனால் வறண்ட நிலையில் வால்வுகள் மூடிக்கொண்டு விடும்.

மீ. எடுலிஸ் *(E. Edulis)* கனிகள் சதைப்பற்றாக உண்ணத்தக்கவையாகும். விதைகள் இனிப்பானவை அதே சமயத்தில் சற்றுப் புளிப்பான சதைப்பற்றுத் திசுக்களால் சூழப்பட்டிருக்கும். டெட்ராகோனியா கனி உலர், வெடியா, கொட்டைக் கனியாகும்.

விதை. பெரிய, வளைந்த கருவைக் கொண்டிருக்கும். இது பெரிஸ்பெர்ம் எனப்படும் ஊட்டத் திசுவைச் சுற்றியமைந்திருக்கும். இப்பண்பின் காரணமாக எங்க்ளர் இக்குடும்பத்தை, சென்ட்ரோஸ்பர்மே என்ற வகுப்பில் அமைத்தார். இக்குடும்ப இனங்கள் தென் ஆப்பிரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா அமெரிக்கா முதலிய இடங்களில் வளர்கின்றன. சில இனங்கள் அரேபியா, மத்திய தரைக்கடல் பகுதிகளிலும்உண்டு.

வகைப்பாடு. ஐரோப்பாவிலும், வட அமெரிக்காவிலும் மிகுதியாகக் காணப்படும் மீசம்ப்ராந்திமம் ஒரு பேரினமாகக் கருதப்பட்டு, தற்சமயம் பல இனங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. தொடக்க நிலையில் ஃபைகாய்டி அல்லது ஐசோயேசி என்று ஒரு குடும்பமாகக் கருதப்பட்டுத் தற்சமயம் இரண்டாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது மொல்லுஜினேசியும் ஐசோயேசியுமாகும். மொல்லுஜினேசி குடும்பத்தில் பூ இதழ்கள் தனித்துக் காணப்படும். அல்லிகள் போன்ற மலட்டு மகரந்தத்தாள்கள் இல்லை. பொதுவாக இது ஐசோயோசி, ஃபைடோலோகேசி, கேர்யோ ஃபில்லேசி, கேக்டேசி போன்ற குடும்பங்களோடு நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டது.

தென்னிந்தியஇனம்

ட்ரயான்திமா; இலைகள் எதிரிலையடுக்கு அமைப்பு; ஆனால் சமமற்றவை. மகரந்தத்தாள்கள் 5, 10 அல்லது 15. பொதுவாக இதன் சிற்றினங்கள் வளைசெடிகளாகும்.

ட். போர்டுலகாஸ்ட்ரம் *(T. portulacstrum)* இது. சாரணை ஆகும். இலைகள் சற்றே சதைப்பற்றாக இருக்கும். கலவைக் கீரையில் காணப்படும் இதைச் சமைத்து உண்பர். தாய்மார்கள் உட்கொண்டால் பால் மிகுதியாகச் சுரக்கும் என்று கூறுவதுண்டு. சாராய நச்சுக்கு இது ஒரு முறிவு மருந்தாகும்.

ட். ட்ரைக்வீட்ரா *(T. triquetra)* இதைச் சிறு சாரணை அல்லது நிலப்பசலை என்பர். வறட்சிக் காலங்களில் இதன் விதைகள் உண்ணப்படுவதாகக் கூறுவர்,

ட். டெகாண்ட்ரா *(T. decantra)* இது வெள்ளைச் சாரணை ஆகும். இதன்வேர் மருந்தாகப் பயன்படுகிறது.

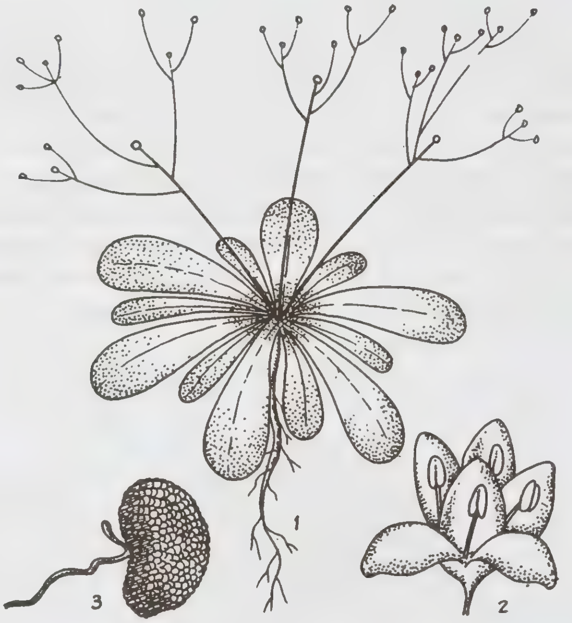
மொல்லுகோ, *(Mollugo)*. மஞ்சரி பல கிளைத்த வகையைச் சேர்ந்தது.

மொ. செர்வியானா *(M, cerviana)*. கொப்பட்டா அல்லது அரப்பா என்று கூறப்படும் இச்செடி செம்பூரான் மண்ணில் காணப்படும்.

மொ. ந்யூடிகாலிஸ் *(M. nudicaulis)*. தண்டு இல்லாத செடி. இலைகள் தரைமட்டத்தில் காணப்படும். பொற்படாகப் புல் என்று இச்செடி நாட்டு மருந்தில் பயன்படுவதுண்டு.

மொ. பெண்டாஃபில்லா *(M. pentaphylla)*. இதையும் பொற்படாகப் புல் அல்லது சீரகப்பூண்டு என்பர்,

க்ளீனஸ்*(Glinus)*; இச்சிற்றினங்களின் விதைகளில் நீண்ட வெண்மையான ஸ்ட்ரோஃபியோல் என்ற வளரிகள் உள்ளமையால், இச்சிற்றினங்கள் மொல்லுகோ என்ற இனத்திலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.



மொல்லுகோ

1. செடி 2. மலர். 3. கிளீனஸ்-விதை.

கி. ஆபோசிடி:.போலியா *(G. oppositifolia)*. இதை தராகொத்து அல்லது தெருப்பூண்டு என்பர். இதுவும் நாட்டு மருந்தில் பயன்படுகிறது.

கைசீகியா *(gisekia)*. இது மணலிக்கீரையாகும். இது கி. ஆபோசிடிஃபோலியா போன்று காணப்பட்டாலும் தனித்த கார்பெல்கள் (apocarpous) உள்ளமையால் இது வேறுபடுத்தப்படுகிறது.

செசூவியம் போர்டுலோகாஸட்ரம் *(Sesuvium portulacastrum)* இதைக் கடல் வழுக்கைக் கீரை என்பர். இது கடற்கரை மணல் குன்றுகளின் மேல் வளரும். இதன் இலைகள் சதைப்பற்றாகக் காணப்படும்

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஒ

ஒக்காட்ஸ் கடல்

வடமேற்குப் பசிபிக் பெருங்கடலின் எல்லையாக அமைந்துள்ள ஒக்காட்ஸ் கடல் (okhotsk sea) ஆசியாவின் கிழக்குக் கடற்பகுதியால் சூழப்பட்டுள்ளது. இக்கடலின் கிழக்கில் கம்ச்சட்கா முந்நீரகமும் குரில் தீவுகளும், தெற்கில் ஹொக்கைடோவும், தென்மேற்கில் சாக்காலின் தீவுகளும் அமைந்துள்ளன. இது ஜப்பான், சோவியத் நாட்டுக் கடற்பகுதிகளுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இக்கடலின் பரப்பளவு ஏறத்தாழ 15 லட்சம் ச.கி.மீ. ஆகும். இக்கடலின் தோராய ஆழம் 850 மீ. ஆகும். ஏறத்தாழ 3,400 மீ. பெரும அளவு ஆழத்தைக் கொண்டுள்ள இக்கடலின் கொள்ளளவு 1,178,000 ச.கி.மீ. ஆகும்.

இக்கடலின் கரைப்பகுதி பாறைகளைக் கொண்டு காணப்படுகிறது. ஆமுர், உடா, ஒக்கோட, கிசிங்கா, பென்சினா போன்ற ஆறுகள் இக்கடலில் கலக்கின்றன. சாக்காலின், ஹொக்கைடோ தீவுகளுக்கு வடக்கில் அமைந்துள்ள கரைப்பகுதி தாழ்ந்து காணப்படுகிறது. அனிவா டெர்பெனியா வளைகுடாக்கள் சாக்கலின் கடற்பகுதிக்குத் தென்கிழக்கில் அமைந்துள்ளன. நடுக்கடலில் அமைந்திருக்கும் அயான் தீவைத் தவிர சான்தார், சவ்யாலோவி, ஸ்பாபார்யெவ், யாம் உட்பட்ட எல்லாத் தீவுகளும் கரைக் கருகிலேயே அமைந்துள்ளன.

தற்போது காணப்படும் ஒக்காட்ஸ் கடல் படுகை குவார்ட்டர்னரி காலத்திலேயேஉருவானதாகும்.கடல் படுகையில் காணப்படும் குழிவான பகுதி பனிக்கட்டிப் படிவுகளில் தொடர்ந்து ஏற்பட்ட பல்வேறு புவியியல் மாற்றங்களால் உருவாயிருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. கடலடித் தளம் வடக்கிலிருந்து தெற்கு, தென்மேற்கு நோக்கிய சரிவைக் கொண்டுள்ளது. இக்கடலில் வடக்கு, வடமேற்குப் பகுதிகள் 217 மீ. ஆழம் வரையுள்ள சரிவையும், எஞ்சியுள்ள பகுதிகள் 217-1700 மீ. ஆழம் வரையுள்ள சரிவையும் கொண்டுள்ளன. இக்கடலின் பெரும அளவு ஆழமாகிய 2,700 மீ. குரில் தீவுகளுக்குத் தென்மேற்குப் பகுதியில் காணப்படுகிறது. ஆழ் கடலடிப்படுகையில் களிமண், வண்டல் உள்ளடக்கிய மணவகைகள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் கரைக்கருகில் மெல்லிய வண்டல் மூடிய மண்ணும், மட்டி ஓடுகளுடன் கலந்த கூழாங்கற்களும் உள்ளன.

ஒக்காட்ஸ் கடலின் வடகிழக்கு, வடக்கு, மேற்குப் பகுதிகளில் குளிர்காலத்தில் ஆசியா கண்டத்தின் தாக்குதலால் கடும் வானிலை நிலவுகிறது. அக்டோபர் ஏப்ரல் மாதங்களில் கடும் குளிர் காற்று வீசுவதோடு மட்டுமன்றிப் பனியால் சூழப்பட்ட கண்டங்களில் காணப்படும் காலநிலையும் இப்பகுதியில் நிலவுகிறது. ஒக்காட்ஸ் கடற்பகுதி ஜனவரி, பிப்ரவரி மாதங்களில் மிகு குளிராகவும், ஜூலை ஆகஸ்ட் மாதங்களில் வெதுவெதுப்பாகவும் இருக்கும். இக்கடலின் வட கிழக்குப் பகுதியில் பிப்ரவரி மாத வெப்பநிலை -20°C ஆகவும், ஆகஸ்ட் மாதத்தில் சராசரி 12°C ஆகவும் இருக்கும். இக்கடலின் வடக்கு, மேற்குப் பகுதிகளில் வெப்பநிலை, பிப்ரவரி மாதத்தில் ஏறத்தாழ 24°C ஆகவும், ஆகஸ்டு மாதத்தில் 14°C ஆகவும் இருக்கும். தெற்கு, தென்கிழக்குப் பகுதிகளில் பிப்ரவரி மாதத்தில் வெப்பநிலை 7°C ஆகவும், ஆகஸ்டு மாதத்தில் 18°C ஆகவும் இருக்கும். ஆண்டு மழை அளவு வடக்கில் 40 செ.மீ ஆகவும், மேற்கில் 70 செ.மீ. ஆகவும், தெற்கு தென்கிழக்குப் பகுதிகளில் ஏறத்தாழ 100 செ.மீ ஆகவும் இருக்கும்.

ஒக்காட்ஸ் கடல் நீர் எண்ணற்ற ஆறுகள் கலப்பதால் உண்டாகும் படிவுகளையும், குரில், லாபெரோஸ், நேவல் நீர்ச்சந்திகள் கலந்த பசுபிக் கடல் நீரையும் கொண்டுள்ளது. கோடைக் காலத்தில் இக்கடல் நீரில் 33-55 மீ ஆழம் வரையுள்ள பகுதி வெதுவெதுப்பாக இருக்கும். இக்கடலின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை 8°-12°C ஆகவும், உப்புத்தன்மை 33.75% ஆகவும் இருக்கும்

இக்கடலில் நீரோட்டம் வலஞ்சுழியானது. ஜப்பான் கடலிலிருந்து பாயும் நீரோட்டம்இக்கடலின் தென்மேற்குப் பகுதியில் வெதுவெதுப்பை உண்டாக்கு கிறது. அன்றியும் பசுபிக் பெருங்கடலிலிருந்து வரும் நீரும் வெதுவெதுப்புக்குக் காரணமாகும். செலிகோவ் (zhelikhou) வளைகுடாவில் காணப்படும் ஓதம் 14மீ. ஆகவும், சாக்காலின் தென்கிழக்குப் பகுதியில் ஓதம் 9 மீ. ஆகவும் அமையும். அக்டோபர் -மார்ச் வரை உறைபனி மூடியிருக்கும். உறைபனி கரையோ ரங்களிலும் நடுக்கடலிலும் மிதந்தவாறு தோன்றும்.

பல்வேறு ஆறு, நீர்ச்சந்தி, பெருங்கடல்களுடன் இக்கடல் கலப்பதால் கடல் உயிரினங்கள் இங்கு நன்கு வாழ்வதற்கேற்ற சூழல் உருவாகிறது. ஆல்கா கடற்பாசி போன்ற தாவர வகை, மட்டி, நண்டு, பாலிப்பு, கடல் முள்ளெலி, சால்மன், ஹெர்ரிங், காட், கேப்லின், பொல்லாக் போன்ற மீன்வகை கூனிறால் வகை ஆகியவை காணப்படுகின்றன. இவை மட்டுமல்லாமல் திமிங்கிலம் கடல் சிங்கம் போன்ற பாலூட்டி வகைகளும் காணப்படுகின்றன. 1975 இல் ஒக்காட்ஸ் கடல் மீன்பிடிப்பின் மொத்த அளவு 1, 500, 000 டன்னாகும்.

சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் தொலைக் கிழக்கில் அமைந்துள்ள துறைமுகங்களை ஒக்காட்ஸ் கடல் வழியாகச் சென்றடையலாம். கரைகளிலுள்ள துறைமுகங்களில் ஒக்காட்ஸ் நகயேவோ என்பவை முக்கியமானவை. சாக்காலின் தீவிலுள்ள செவரோ குரில்ஸ்க் துறைமுகமும் முக்கியமானது. குளிர்காலத் தில் காணப்படும் அடர்ந்த மூடுபனியும், கடற் பயணத்தில் தொல்லை தரும். மேலும் வலிய நீரோட் டமும், மூழ்கியுள்ள பாறைகளும் பயணத்திற்குக் கேடு விளைவிக்கக்கூடியவை. சோவியத் தொலைக் கிழக்கு நாடுகளின் பொருளாதார முன்னேற்றத்தில் ஒக்காட்ஸ் கடல் பெரும்பங்கு பெறுகிறது.

- ம. அ. மோகன்

ஒட்டகம்

இது பெரிய, வலிமையான உடலுடைய பாலைவன வாழ் விலங்கு ஆகும். பொதுவாக இதனைப் பாலை வனக் கப்பல் என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இவை வன விலங்குகளாகவும் வளர்ப்பு விலங்குகளாகவும் வாழ் கின்றன. ஒட்டகங்களின் தோள்மட்ட உயரம் 1.8-2. 1 மீ. வரையாகும். எடை 450-725 கி. கி. வரை இருக்கும். ஒட்டகங்களின் உடலில் காணப்படும் பழுப்பு அல்லது சாம்பல் நிற மயிர்கள் இளவேனிற் காலத்தில் உதிர்ந்து முன்பனிக்காலத்தில் மீண்டும் வளர்கின்றன. கூம்பு வடிவத் தலையும், பிளவுற்ற மேலுதடும், நீண்ட கழுத்தும் கொண்ட ஒட்டகத் துக்கு ஆடு மாடுகளில் உள்ளதைப் போன்று உடலின் அடிப்பக்கத்தையும் தொடைப் பகுதியையும் இணைக்கும் தோல் நீட்சி இல்லை. ஒட்டகங்கள் அசைபோடும் விலங்குகள் ஆகும். இவற்றில் பித்த நீர்ப்பை (gall bladder) இல்லை.

பாலூட்டிகளில் ஒட்டகங்கள் மட்டுமே நீள் வட்ட இரத்தச் சிவப்பணுக்களைப் பெற்றுள்ளன. ஆண், பெண் ஆகிய இருபால் ஒட்டகங்களிலும் தலைக்குப் பின்புறம் ஓரிணைத் தோல் சுரப்பிகள் (பாலினச்சுரப்பிகள்) உள்ளன. இவற்றின் முதுகி லுள்ள திமிலில் உணவு, கொழுப்புப் பொருளாகச் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது. உணவு கிடைக்காத போது திமிலில் உள்ள கொழுப்பு வளர்சிதை மாற்றங்களுக்குள்ளாக ஒட்டகத்திற்கு உயிரியக்க ஆற்றல் கிடைக்கிறது. இதன் கருவளர் காலம் 11 மாதங்கள். இது ஒரு குட்டியே ஈனும், சில சமயங் களில் இரண்டு குட்டிகளும் பிறக்கின்றன. குட்டிகள் 5 ஆண்டுகளில் இன முதிர்ச்சியடைகின்றன. பொது வாக ஒட்டகங்கள் 17 - 50 ஆண்டுகள் வரை உயிர் வாழ்கின்றன.

பாலைவனங்களில் நிலவும் வேறுபட்ட வெப்ப நிலைகளைத் தாங்குவதற்கேற்ற தகவமைப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. குறைந்த அளவு உணவையும் நீரை யும் உட்கொண்டு வறண்ட பகுதிகளில் மிகுதொலைவு பயணம் செய்யும். கண்களில் மயிர் அடர்ந்த இரண்டு இமைகளும் மயிரற்ற மூன்றாம் இமையும் உள்ளன. இமைகளும் அடர்த்தியான புருவங்களும் மணல் காற்று வீசும்போது மணல் கண்களில் படாமல் தடுக்கின்றன. காதுகளில் உள்ள அடர்ந்த மயிரும், மூக்குத் துளைகளை மூடிக்கொள்வதற்கேற்ற தசை யமைப்பும் காதுகளிலும் மூக்கிலும் மணல் புகு வதைத்தடுக்கின்றன. நீண்ட வலிமையான கால் கள் நீண்டதொலைவு விரைந்து நடக்கவும் சுமை தூக்கவும் ஏற்றவாறு வலிமையான தசைகளுடன் உள்ளன. ஒட்டகங்களால் 450 கி.கி. எடையுள்ள சுமையைத் தூக்கவும், ஒரு நாளில் 40 கி.மீ. வரை பயணம் செய்யவும் முடியும். ஒவ்வொரு காலிலும் குளம்புகளுடன் கூடிய இரண்டு விரல்கள் உள்ளன. இவ்விரு விரல்களையும் இணைக்கும் திண்டுப் பகுதி கள் மணற்பாங்கான இடங்களில் நடப்பதற்குப் பெரிதும் உதவுகின்றன. முழங்கால்களிலுள்ள தடித்த தோல் திண்டுகள் இவை மண்டியிடும்போது ஊன்றிக் கொள்வதற்கேற்றவாறு அமைந்துள்ளன.

பொதுவாக ஒட்டகங்கள் பேரீச்சம்பழம், ஓட்ஸ், கோதுமை போன்றவற்றை உண்ணும்: பாலைவனங் களிலுள்ள முள்கள் நிறைந்த கள்ளிச் செடிகளை உண்ணும்போது அம்முள்களால் காயம் ஏற்படாத வாறு வாயின் உட்புறத்தோல் தடிப்பாக உள்ளது. ஒட்டகங்களால் மாதக் கணக்கில் நீரில்லாமல் வாழ முடியும். இவை வயிற்றில் நீரைத்தேக்கிவைக்கும்

படம்

என்பது உண்மையன்று. நீர்ப் பற்றாக்குறையின் போது ஒட்டகம் அதன் உடல் எடையில் நான்கில் ஒரு பகுதி வரை குறைந்தாலும் எத்தகைய தாக்கமும் அடையாமல் இருக்கும். அப்போது திசுக்களிலுள்ள நீர்தான் குறைகிறது. இரத்தத்திலுள்ள நீரின் அளவு குறைவதில்லை. இதன் காரணம் தெளிவாக அறியப் படவில்லை. கோடைக் காலத்தில் மிகுதியாக வியர்ப்பதில்லை; சிறுநீர் குறைந்த அளவில் வெளியேறுகிறது. பாலைவனங்களில் பகலில் நிலவும் கடும் வெயிலையும், இரவில் நிலவும் கடுங்குளிரையும் தாங்கிக் கொள்வதற்கேற்றவாறு இதன் தோல் தடித்து உள்ளது.

ஒட்டகத்தின் திமில் உடலின் மொத்த எடையில் இருபதில் ஒருபங்கு ஆகும். சராசரியாக 36 கி.கி எடையுள்ளது. ஒட்டகத்தின் உடலிலுள்ள புரதம், ஸ்டார்ச், கொழுப்புப் பொருள் ஆகிய அனைத்திலும் ஹைட்ரஜன் உள்ளது. வளர்சிதை மாற்றத்துக்குள்ளாகும்போது ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜனுடன் கலந்து நீராகிறது என்று கூறப்படுகிறது. இதன்படி

100 கிராம் புரதச்சத்து வளர் சிதைமாற்றமடையும் போது 41 கிராம் நீரும், 100 கிராம் கொழுப்புப் பொருள் சிதைமாற்றமடையும்போது 170 கிராம் நீரும் கிடைக்கும். ஆனால் கொழுப்புப் பொருளை வளர் சிதைமாற்றம் செய்வதால் கிடைக்கும் நீரை விட மிகுதியான நீர் அந்தக் கொழுப்புப் பொருளைச் சிதைவுறச் செய்யத் தேவையான ஆக்சிஜனை உள்ளிழுத்துப் பின்பு மூச்சுவிடும்போது ஆவியாக வெளியேற்றுகிறது. எனவே இக்கருத்து ஏற்புடையதன்று.

இன்று உலகில் ஒற்றைத் திமில் உள்ள அராபிய ஒட்டகம் (*Camelus dromed arius*) இரட்டைத் திமில் உள்ள பாக்டிரிய ஒட்டகம் (*Camelus ferus*) ஆகிய இரு வகை ஒட்டகங்கள் உள்ளன. ஒற்றைத் திமில் ஒட்டகம் டிரொமிடரி (*Dromedary*) என்று குறிப்பிடப் படுகிறது. இன்று உலகில் காணப்படும் ஏறக்குறைய மூன்று மில்லியன் அராபிய ஒட்டகங்கள் வட ஆப்பிரிக்க, அரேபியப் பகுதிகளில் வளர்ப்பு விலங்குகளாக உள்ளன. இந்தப் பகுதிகளிலிருந்துதான் இந்தியா, வட ஆப்பிரிக்கா, ஸ்பெயின், கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா, இத்தாலி ஆகிய இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன. பொதுவாக டிரொமிடரிகளில், கனமான உடலும், மெதுவாக நடக்கும் இயல்பும் கொண்ட சுமைதூக்கும் டிரொமிடரி வகை நீண்ட கால்களைக் கொண்ட, வேகமாக ஓடும் இயல்புடைய டிரொமிடரி வகை என்று இரண்டு வகைகள் உள்ளன. வட ஆப்பிரிக்காவில் ஏறிச் செல்வதற்குப் பயன்படும் மெஹரி (*Mehari*) எனப்படும் உயர்ந்த வகை டிரொமிடரிகள் உள்ளன.

இரட்டைத் திமில் ஒட்டகங்கள் முன்பு மத்திய ஆசியாவில் பரவவாகக் காணப்பட்டன. தற்போது இவற்றின் வளரிடங்கள் பெரிதும் மாறிவிட்டதால் இந்த இனம் வெகுவாகக் குறைந்து அற்றுப்போய் விடும் நிலையிலுள்ளது. இரட்டைத் திமில் ஒட்டக வகையில் கேமெலஸ் ஃபெரஸ் ஃபெரஸ் (*Camelus erus berus*), கேமெலஸ் ஃபெரஸ் பாக்டிரியானஸ் (*Camelus ferus bactrianus*) என்னும் இரு வகை உள்ளன. இரு ஒட்டக வகைகளும் ஒன்றாக வாழும் பகுதிகளில் கலப்பினச் சேர்க்கைகள் செய்யப்படுகின்றன இவற்றுக்குப் பிறக்கும் குட்டிகள் உருவில் பெரியவையாகவும் வலிமை மிக்கவையாகவும் இருந்தாலும் பொதுவாக மலடாக உள்ளன அல்லது வலிமையற்ற சந்ததியை உருவாக்குகின்றன. ஆகையால் இவ்விரு சிறப்பினங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்றாக அல்லது கலப்பினச் சிறப்பினங்களுடன் இனச்சேர்க்கை செய்யப்படுகின்றன; இரு கலப்பினங்களுக்கிடையே இனச்சேர்க்கை செய்யப்படுவதில்லை. கலப்பினங்கள் பெரும்பாலும் இரு திமில்களைக் கொண்டிருக்கும்.

ஒட்டகங்கள் உணவு, வேளாண்மை, போக்குவரத்து ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படுகின்றன. ஒட்டகப் பாலில் 6.4% கொழுப்புச் சத்து, 4.5% லேக்டோஸ், 6.3% நைட்ரஜபொருளும் இருப்பதாகக் கணக்கிடப் பட்டுள்ளது. ஒட்டகத் தோல் கூடாரத் துணிகளும் உடைகளும் செய்யப் பயன்படுகிறது. காய்ந்த ஒட்டக எலும்புகளைத் தந்தம் போல் செதுக்கி நகைகளும் பாத்திரங்களும் செய்கின்றனர்; இதன் சாணம் எரி பொருளாகப் பயன்படுகிறது.

வட அமெரிக்கப் பகுதிகளில் கிடைக்கும் தொல்லுயிரிச் சின்னங்கள், ஒட்டகங்கள் வட அமெரிக்காவில் தோன்றின என்பதற்குச் சான்றாக விளங்குகின்றன. அவை பெருகியவுடன் தென் அமெரிக்காவுக்கும் ஆசியாவுக்கும் பரவின. ஏறக்குறைய ஆறாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை ஆசியாவில் இரு திமில்களையுடைய பாக்டீரிய ஒட்டக வகை மட்டுமே இருந்தது; இவற்றிலிருந்து ஒற்றைத் திமில் ஒட்டகம் எப்போது தோன்றியதென்று அறுதியிட்டுக் கூறமுடியவில்லை. ஒட்டகங்கள், பாலூட்டிகள் வகுப்பில் இரட்டைக் குளம்பி வரிசையில் (*Artiodactyla*), கேமெலிடே (*camelidae*) குடும்பத்தின் கீழ் வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளன.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஒட்டியல்பு

இது திண்மங்கள் அல்லது நீர்மங்களை ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொள்ளுமாறு செய்யும் இயல்பாகும். இந்த ஒட்டும் செயலுக்கு ஒட்டியல்பு (adhesion) என்று பெயர். இதற்குக் காரணமாக அமைவது மூலக்கூறுகளின் இடை விசைகளாகும். இவை பெரும்பாலும் வான் டெர் வால் (van der wall) வகை விசைகளாம்.

ஒட்டியல்பு என்பது பிணைவு (cohesion) என்பதிலிருந்து மாறுபட்டதாகும். பிணைவு என்பது ஒரே சேர்க்கையுடைய பொருள்களின் பகுதிகள் ஒன்றாகச் சேர்ந்திருக்க முனையும் பண்பாகும். இந்தப் பிணைவின் காரணமாகத்தான் திண்மங்களும் நீர்மங்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனில் திணிக்கப்பட்டுள்ளன. காட்டாக, நீர் மூலக்கூறுகள் ஒன்றோடொன்று பிணைந்து ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுடைய நீராக உருவாவதைக் கூறலாம். அவ்வாறே, ஓர் இரும்புக் கம்பியில் இரும்பு அணுக்களெல்லாம் பிணைவுக்கு ஆட்பட்டுள்ளன. இவ்வாறன்றி இருவேறு பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டியிருப்பது ஒட்டியல்பாகும். காட்டாக, மரத்தின் மீது பூசப்பெற்ற வண்ணம் ஒட்டியிருப்பது ஒட்டியல்பாம். மரம் ஒரு வகைப் பொருள்; வண்ணம் பிறிதொரு பொருள் என்பது அறியத்தக்கது. ஒட்டியல்பும் பிணைவும் வெப்பநிலையையும், ஒட்டியிருக்கும் பரப்புகளின்

தூய்மையையும், அவை எவ்வளவு தொலைவு அணுகிப் பிணைந்துள்ளன என்பதையும் பரப்புகளுக் கிடையேயுள்ள அமுக்கத்தையும் பொறுத்திருக்கும்.

ஒரு நீர்மத்தை ஒரு திண்மத்தின் மீது பட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்தால் இவ்விரு பொருள் களுக்கும் இடையே ஏற்படும் ஒட்டியல்பு வினை களால் அவை ஒட்டியிருக்கும். காட்டாக, கண் ணாடித் தகடு ஒன்றை ஒரு நீர்ப்பரப்பின் மீது வைக்கலாம். இப்போது, கண்ணாடித் தகட்டை நீர்ப்பரப்பிலிருந்து பிரித்தெடுக்க முயன்றால் அது சற்றுக் கடினமாக இருக்கும். இது, கண்ணாடிக்கும் நீருக்கும் இடையேயுள்ள ஒட்டியல்பு, விசை அளவால் பெரிது என்பதை உணர்த்துகின்றது. நீர்ப் பரப்பிலிருந்து பிரித்தெடுத்த கண்ணாடித் தகட்டில் நீர் ஒட்டியிருக்கக் காணலாம். இதி லிருந்து நீர் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள பிணைவு விசையைவிடக் கண்ணாடி-நீர் ஒட்டியல்பு விசை உயர்ந்தது என அறியலாம். இதேபோன்று பாத ரசத்துக்கும் கண்ணாடிக்கும் உள்ள ஒட்டியல்பு விசை உயர்வாக இருந்தாலும் பாதரசத் துகள்களுக் கிடையேயுள்ள பிணைவு விசை அதனினும் மிகை யானது. எனவேதான் பாதரசம் கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை.

பரப்பு விசை (surface tension), நுண்புழைத் தன்மை (capillarity) போன்ற பண்புகள் வளிமம் திண்மம் நீர்மங்களின் மேற்பரப்பில் உறிஞ்சப்படுதல் (adsorption) போன்ற நிகழ்ச்சிகள் ஒட்டியல்பால் பெரிதும் தாக்கமடையும்.

- ச. சம்பத்

ஒட்டுண்ணித் தாவரம்

உயிருள்ள தாவரங்களிலோ, விலங்குகளிலோ ஒட்டுண்ணிகள் ஒட்டிக் கொண்டு அவற்றிலிருந்து உணவை உறிஞ்சி வாழ்கின்றன. அவற்றிற்கு உணவை வழங்குபவை ஓம்புயிரிகள் (hosts) எனப்படும். ஒட்டுண்ணிகள் பெரும்பாலும் பூஞ்சை களிலும், பாக்டீரியா வகைகளிலும் காணப்படும். ஒரு சில பூஞ்சைகள் நொதிகளைத் தோற்றுவித்து ஓம்புயிரிகளின் செல் சுவரை அரித்து இழைகளை (hyphae) உட்செலுத்துகின்றன. பூஞ்சைகளின் இழைகள் ஓம்புயிரிகளின் திசுக்களில் பரவி வளர்ந்து, உறிஞ்சு உறுப்பு (haustoria) மூலம் உணவை உறிஞ்சு கின்றன. எ. கா. ரஸ்ட், (rust) ஸ்மட் (smut) நோய்கள்; இவ்வாறே, பாக்டீரியாக்கள் பல தாவர நோய்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

ஆப்பிள் பேரிக்காய் நெருப்பு அழுகல் நோய் என்பது பேசில்லஸ் ஆமைலோவோரஸ் என்னும் பாக்டீரியாவால் ஏற்படுகிறது. கிரவுன் கால் (gall) என்பது தக்காளிச் செடியில் பாக்டீரியம் ட்யூமி பேசியன்ஸால் ஏற்படுகின்றது. எலுமிச்சை அழுகல் (citrus canker) சூடோமோனாஸ் சிட்ரி என்னும் நோய், கத்தரிக் குடும்பத்தில் சூடோமோனாஸ், சோலானேசியாரம் என்னும் பாக்டீரியத்தால் ஏற்படு கின்றது. மேலும் விலங்குகளிலும், மனித இனத் திலும் உண்டாகும் பல்வேறு நோய்களில் டைபாய்டு, காலரா, எலும்புருக்கி முதலியனவும் பாக்டீரியா வால் ஏற்படுகின்றன.

பூக்கும் தாவரங்களிலும் ஒட்டுண்ணிகள் உண்டு. அவற்றுள் கஸ்குட்டா, விஸ்கம் லோராந்தஸ் ஆகியன குறிப்பிடத்தக்கவை. கஸ்குட்டா என்பது முழு ஒட்டுண்ணியாகும். இது சிறு செடிகள், குறுஞ்செடிகள் மரங்கள் ஆகியவற்றைத் தாக்கி வாழும். குறிப்பாக இது இலந்தை மரங் களைத் தாக்கும். இவ்வொட்டுண்ணிகள் வெளிர் மஞ்சள் தண்டு, சிறுசெதில் ஆகியவற்றைக் கொண்டிருக்கும். உணவை வழங்கும் ஓம்புயிர்த் தாவரத்தைச் சுற்றி வளரும் இடைவெளிகளில் இவை உறிஞ்சு வேர்களைத் தோற்றுவித்து ஓம்புயிர்த் தாவரத்தின் திசுக்களைத் துளைத்து உணவை உறிஞ்சும். ஒட்டுண்ணித் தாவரத்தின் உறிஞ்சு வேரில் உள்ள சைலம் ஓம்புயிர்த் தாவரத்தின் சைலம் திசுக்களுடன் சேர்ந்து, நீரையும், ஒட்டுயிர் ப்ளோயம் ஓம்புயிர்த் தாவரத்தின் ப்ளோயத்துடன் கூடி உணவையும், உறிஞ்சி வாழ்கின்றன. கஸ்குட்டா வின் பழம், விதை இவை மண்ணில் வளர்ந்து வித்திலைகளைத் தாராமல் ஒரு முனை மண்ணிலும், மறுமுனை நீண்டு உயர்ந்து பற்றுக் கம்பியால் பக்கத்தில் உள்ள தாவரத்தைச் சுற்றியும் உறிஞ்சு வேர்களைத் தோற்றுவிக்கும். கஸ்குட்டா வளர்ந்ததும் பக்கத்தில் எந்த ஓம்புயிரியும் இல்லாதபோது இறந்து விடும். கேசித்தா பிலிபார்மிஸ் என்ற லாரேசி குடும்பத்தாவரம், இவ்வகை ஒட்டுண்ணியே ஆகும். இது கடற்கரை ஓரத்தில் வளரக்கூடியது. இதன் வளரியல்பும் உணவை எடுத்துக் கொள்ளும் முறை யும், கஸ்குட்டாவை ஒத்திருக்கும்.

வேறுசில தாவரங்கள், பிற தாவர வேர்களின் மேல் ஒட்டுண்ணிகளாக வளரும். இவற்றை வேர் ஒட்டுண்ணி என்பர். எ.கா. ஒரோபங்கி (Orobanche) பலனாஃபேரா (Balanophora) ஸ்டிரைகா (Striga) ஒரோபங்கி செர்நுாய் (Orobanche cernui) என்ற ஒட்டுண்ணி, கத்தரி, புகையிலை, டர்னிப் (Turnip) முதலியவற்றின் வேர்களில் காணப்படுகிறது. சிஸ்டான்சி (Cistanche) என்ற ஒட்டுண்ணி இலை யற்ற தண்டுடன் கூடிய சிறிய தாவரமான எருக்கஞ் செடியின் வேர்களிலும் ஸ்டிரைகா என்னும் ஒட் டுண்ணி, கரும்புச் செடியின் வேர்களிலும் காணப் படும். பேலனோபோரா என்ற வேர் ஒட்டுண்ணி வெப்ப மண்டலக் காடுகள் மிகுந்துள்ள அஸ்ஸாம்,

பர்மா முதலிய இடங்களில் காணப்படுகிறது. ராப்லிஸியா என்ற தாவரக் குடும்பத்திலேயே இது அகலமான (1மீ) பூவைக் கொண்ட தாவரமாகும். இது பிற தாவரங்களின் வேர்களிலிருந்து வளரும். மேற்கூறிய தாவரங்கள் அனைத்திலும் பசுங்கனிகங்கள் இல்லாமையால் அவை முழு ஒட்டுண்ணிகளாகும்.

பிற ஒட்டுண்ணிகள் நீரையும், தாதுப் பொருள்களையும் மட்டும் ஓம்புயிரியிலிருந்து எடுத்துக் கொள்கின்றன. அவற்றிற்கு இலைகள் உள்ளமையால் சூரிய ஒளியின் உதவியால் தமக்கு வேண்டிய உணவைத் தாமே தயாரித்துக் கொள்கின்றன. அவற்றின் உறிஞ்சு வேர்கள் ஓம்புயிரியின் சைலம் திசுக்களுடன் மட்டுமே தொடர்பு கொள்கின்றன. எ.கா. விஸ்கம், லோராந்தஸ் இவ்விருவகை ஒட்டுண்ணித் தாவரங்களும் உட்கவர்தலிலும் விதை பரவுதலிலும் ஒத்துள்ளன. இவற்றின் பழத்தைப் பறவைகள் உண்டு எச்சமிடும்போது விதை மற்றொரு மரத்தின் மேல் விழுந்து ஒட்டிக்கொண்டு வளர்ந்து. உறிஞ்சு வேர்களைத் தோற்றுவித்து மரத்தின் பட்டையைத் துளைத்து நீரை உறிஞ்சி வளர்கிறது. ஓம்புயிர்த் தாவரத்தின், தண்டு மேலும் வளர்ந்து ஓம்புயிர்த் தாவரத்தில் பரவித் தக்க வைத்துக் கொள்கிறது. இது ஓம்புயிர்த் தாவரத்திற்கு எவ்விதக் கெடுதலையும் உண்டாக்குவதில்லை. விஸ்கம், லோராந்தாஸ் என்பவை பெரும்பாலும் ஓக், செந்நட்டு, வால்நட் மரங்களில் வளர்கின்றன.

தென்னிந்தியாவில் மைசூர். குடகு, தமிழ்நாடு முதலான இடங்களில் பகுதி ஒட்டுண்ணி காணப்படுகிறது. இதுவே வேர் ஒட்டுண்ணி வகையான சந்தன மரம் ஆகும். இதன் வேர் பல உறிஞ்சுவேர்களைத் தோற்றுவித்து அருகில் வளரும் தாவரத்தின் வேர்களுடன் தொடர்பு கொண்டு வாழும். ஒரு சந்தன மரத்தின் கன்று ஓராண்டிற்கு மேல் வாழாது. அதற்கு மேல் அது. அருகிலுள்ள தாவரங்களின் வேர்களோடு தொடர்பு கொண்டால் தான் வாழ முடியும். உசிலை, உன்னி யூகாலிப்டஸ், பருத்தி, மஞ்சனத்தி, ஈட்டி பாலை முதலியன சந்தனமரத் தொடர்பு கொள்ளும் ஓம்புயிரிகளாக உள்ளன.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒட்டுண்ணித்துவம்

அனைத்து உயிரிகளும் தனித்து வாழாமல் தங்களுக்குள் பல்வேறு உறவு முறைகளைக் கொண்டு வாழ்கின்றன. சில தாவரங்கள் பிற தாவரங்களைச் சார்ந்தும், சில விலங்குகள் தாவரங்களையோ பிற விலங்குகளையோ சார்ந்தும் வாழ்கின்றன. இவ்வுயிரிகளின் உறவு முறையில் ஒட்டுண்ணித்துவமும் (parasitism) ஒன்றாகும். இவ்வுறவு முறையில், இரண்டு உயிரிகளில் ஒன்று மற்றொன்றின் மூலமாக உணவையும் உறைவிடத்தையும் பெற்று வாழும். உணவையும், உறைவிடத்தையும் கொடுக்கின்ற உயிரி ஓம்புயிரி (host) எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. உணவைப் பறித்து அவ்வுயிரியிடம் வாழும் உயிரிக்கு ஒட்டுண்ணி என்று பெயர். இதனை மள்ளை என்றும், புல்லுருவி என்றும் குறிப்பிடுவர்.

ஒட்டுண்ணி உயிரிகள், படிமலர்ச்சி முறைப்படி முதலில் தனித்து வாழும் திறன் பெற்றிருந்தன, பின்னர் தற்செயலாக அவை பிற உயிரிகளைச் சார்ந்து வாழும் ஒட்டுண்ணிகளாக மாறினவென்று கருதப்படுகின்றது. ஒட்டுண்ணிகள் அவை ஓம்புயிரிகளின் உடலில் தங்கும் காலம், இடம், வாழ்வு முறைகளையொட்டிப் பல வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

பகுதி ஒட்டுண்ணிகள். இவ்வகை ஒட்டுண்ணிகள் தங்களுடைய வாழ்நாளில் ஒரு பகுதிக் காலத்தையே ஓம்புயிரியிடம் கழிக்கின்றன. எஞ்சிய பகுதிக் காலங்களில் அவை தனித்தே வாழ்கின்றன.

முழுமையான அல்லது நிலைத்த ஒட்டுண்ணிகள். இவ்வகை ஒட்டுண்ணிகள் தங்களுடைய வாழ்நாள் முழுதும் பிற உயிரிகளைக் கட்டாயமாகச் சார்ந்து வாழ்கின்றன. இவை ஓம்புயிரியின் உடலின் வெளிப்புறத்தில் வாழுமேயானால் வெளி ஒட்டுண்ணிகள் (ectoparasites) என்றும், உடல் உட்பகுதிகளில் அதாவது ஓம்புயிரியின் திசுக்களிலும் உறுப்புகளிலும் வாழ்வதையொட்டி உள் ஒட்டுண்ணிகள் (endoparasites) என்றும் பிரிக்கப்படுகின்றன.

சில ஒட்டுண்ணிகள் . தங்களின் வாழ்நாளில் முழுப்பகுதியையும் ஓம்புயிரியிடம் கழித்தே ஆக வேண்டும் என்ற கட்டாயத்திற்குட்பட்டவை. அவ்வாறு ஓம்புயிரிடம் வாழும் வசதி தடைப்படுமேயானால் இவ்வொட்டுண்ணிகள் இறக்க நேரிடும். இவ்வகை ஒட்டுண்ணிகள் கடப்பாட்டு ஒட்டுண்ணிகள் (obligatory parasites) எனப்படுகின்றன.

தன்னிச்சையாக வாழும் ஒட்டுண்ணிகள். தங்கள் விருப்பத்திற்கேற்ப, ஒட்டுண்ணிகளாகவோ தனித்தோ வாழக் கூடியவை. ஒட்டுண்ணிகளிடமே வேறு சில உயிரிகள் சார்ந்து அவற்றின் ஒட்டுண்ணிகளாக வாழ்கின்றன. அவை ஒட்டுண்ணியின் ஒட்டுண்ணிகள் (hyper parasites) எனப்படும். இவை தவிர ஒட்டுண்ணிகளிடையே, ஆண் ஒட்டுண்ணி பெண்ணுயிரியையும், பெண் ஒட்டுண்ணி ஆணுயுயிரியையும் சார்ந்து வாழும். இவை பால் சார்ந்த ஒட்டுண்ணிகள் எனப்படும். மேலும் பலவித நன்மைகளுக்காகச் சில உயிரிகள் தம்மினம் சாரா-வேற்றின உயிரிகளைப் பயன்படுத்தி வாழ்கின்றன. இவை சமூக ஒட்டுண்ணிகள் எனப்படும்.

சில ஒட்டுண்ணிகள் கண்ணுக்குப் புலப்படாத வாறு நுண்ணிய அளவில் இருக்கும். இவற்றை நுண்ணோக்கி மூலமே காண இயலும். இவ்வகை ஒட்டுண்ணிகளின் உடல் ஒரே ஒரு செல்லால் ஆக்கப் பட்டிருக்கும். மலேரியா, தூக்க நோய், ரத்தபேதி போன்ற நோய்களை உருவாக்கும் ஒட்டுண்ணிகள் இவ்வகையான ஒரு செல் ஒட்டுண்ணிகள் ஆகும். மற்றொருவகை ஒட்டுண்ணிகள் அளவில் பெரியவையாகக் காணப்படும். தட்டைப் புழு உருளைப் புழு, சில தீங்குயிரிப் பூச்சி, விலங்குயிரி ஆகியவை அளவில் பெரியவை. ஒட்டுண்ணிகளின் எண்ணிக்கை, ஓம்பு யிரிகளின் உருவ அளவு, பொறுமை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மாறுபடும். எடுத்துக்காட்டாக மனித னின் குடலில் ஏறத்தாழ நான்காயிரம் கொக்கிப் புழுக்கள் வரை இருப்பதாகவும், மீனின் உடலில் நன்னீர் மட்டி என்ற உயிரியின் இளவுயிரிகளான குளோக்கிடியங்கள் ஏறத்தாழ 1000 - 2500 வரை வாழ்வதாகவும் கணக்கிட்டுள்ளனர். மேலும் அமையா என்ற மீனின் வயிற்றில் 20-30 வரை மிக நீளமான நாடாப்புழுக்கள் காணப்படுகின்றன.

நுண் ஒட்டுண்ணிகளும், பெரு ஒட்டுண்ணிகளும் ஓர் ஓம்புயிரியிடமிருந்து மற்றொரு புதிய நோயில்லாத ஓம்புயிரிக்குப் பல முறைகளில் பரவுகின்றன. சில உருளைப்புழுக்களின் முட்டைகள் உணவு, நீர் மூலம் பரவுகின்றன. பிளாஸ்மோடியம் மலேரியா நுண் ஒட்டுண்ணி, யானைக்கால் நோய் ஒட்டுண்ணி ஆகியவை முறையே அனோஃபெலிஸ், கியூலெக்ஸ் கொசுக்கள் மனிதனைக் கடிக்கும் போது பரவுகின்றன. சில கொக்கிப் புழுக்களும், சிஸ்டோசோமா என்ற விரைவீக்க நோயை உண்டாக்கும் புழுவும் விருந்தோம்பியின் (மனிதன்) தோலைத் துளைத்து உட்செல்கின்றன. மேக நோய்க்குரிய நுண்ஒட்டுண்ணியான ஸ்பைரோகீட்டஸ், ஆண்-பெண் புணர்ச்சியின் போது மனிதனுக்குக் கடத்தப்படுகின்றது.

ஓம்புயிரியின் உடலுள் வாழும் ஒட்டுண்ணிகள், அவற்றின் உடலில் நிலைத்து இருக்கும் வண்ணம் கடினமான வெளித்தோல், ஒட்டுறுப்புகளான கொக்கிகள், உறிஞ்சிகள், நன்கமைந்த தசைகள் முதலிய தகவமைப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. மேலும் ஓம்புயிரியின் உடல் உள்பகுதியில் காற்றில்லாச் சூழ்நிலையில் வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்பு களைப் பெற்றுள்ளன. இவை இனப்பெருக்கத்தை இரண்டு வகையில் செய்கின்றன. பாலிலி முறையில் ஓர் ஒட்டுண்ணியின் உடல் இரண்டாகப் பிளந்து பெருகுகின்றன. மற்றொரு பால் வழி இனப்பெருக்க முறையில் ஆண் பெண் ஒட்டுண்ணிகள் புணர்தல் மூலம் கரு உண்டாகி இளம் ஒட்டுண்ணிகள் உண்டாகின்றன.

சில ஒட்டுண்ணிகள் தம் வாழ்நாளை ஒரே ஓம்புயிரியிடம் அல்லது இரண்டு ஓம்புயிரியிடமும் கழிக்கின்றன. இரண்டு ஓம்புயிரிகளுடைய ஒட்டுண்ணிகள், தங்களின் இளமைக் காலத்தை இடை நிலை ஓம்புயிரி உடலிலும், முதுமையை முதன்மை அல்லது நிலையான ஓம்புயிரி உடலிலும் கழிக்கின்றன, இடைநிலை ஓம்புயிரி உடலில் பாலிலி முறையிலும், முதன்மை ஓம்புயிரி உடலில் பால் வழியிலும் இவ்வொட்டுண்ணிகள் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன.

ஒட்டுண்ணிகள் ஓம்புயிரிக்குப் பலவகைகளில் கேடு விளைவிக்கின்றன. சில, ஓம்புயிரியின் உடல் திசுக்களைத் தின்கின்றன. சில நச்சுப் பொருள்களைச் சுரக்கின்றன. சில ஓம்புயிரி உடல் உறுப்புகளில் புண், வீக்கம், கட்டி அல்லது துளை இவற்றை ஏற்படுத்து கின்றன. வேறுசில, ஓம்புயிரியின் குடலில் அடைப்பை உண்டாக்குகின்றன. மனிதனும் விலங்குயிரிகளும் இவ்விளைவுகளுக்கு உட்பட வேண்டியுள்ளது.

ஓம்புயிரிக்கும் ஒட்டுண்ணிகளுக்கும் எதிராக அமைதியான சூழ்நிலை இல்லாமையால் சில செல்கள் தம்மைக் காக்கும் பொருட்டு எதிர் நச்சுகளை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வெதிர் நச்சுகளை உண்டாக்கும் செல்கள், பல திசுக்களில் உருவாகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக மனிதனின் உடலில் மண்ணீரல், கல்லீரல், நிணநீர்க் கணுக்கள், தைமஸ் சுரப்பித் திசுக்கள் ஆகியவை இவ்விதச் செல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவை தவிர எலும்பு மஜ்ஜையும், ஒருவகை நடமாடும் விழுங்கிச் செல்களான வெள்ளணுக்களை உருவாக்குகின்றது. இச்செல்கள் ஒட்டுண்ணிகளுக்கு எதிராக விருந்தோம்பியின் உடலுக்குள் இம்யூனோ குளாபுலின் புரதங்கள் அல்லது தடுப்பாற்றல் பொருள்களைச் சுரக்கின்றன. பொருள்கள் ஒட்டுண்ணிகளின் வளர்ச்சிக்குத் தடைவிதிக்கும் வகையில் அல்லது ஒட்டுண்ணிகளை அச்செல்களின் அழிவுச் செயலுக்கு வயப்படும் வகையில் மாற்றுகின்றன. இதனால் ஒட்டுண்ணிகள் விழுங்கிச் செல்களால் கொல்லப்படுகின்றன. சில சமயங்களில் விருந்தோம்பியின் எதிர்ச்செயல் ஒட்டுண்ணிக்கு ஏற்றவாறும் அமைவதுண்டு. இதன்மூலம் ஓம்புயிரியின் விழுங்கிச் செல்களின் உள்சென்ற ஒட்டுண்ணி சாகாமல் இனப்பெருக்கம் செய்து எண்ணிக்கையில் பெருகும். இதற்கு மலேரியா ஒட்டுண்ணி ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

ஓம்புயிரியின் ஒட்டுண்ணி எதிர் நச்சுப்பொருள்கள் பலவகைகளாக உள்ளன. சிலவற்றில் முக்கியமானவை LgM எனப்படும் மேக்ரோ அல்லது பெருகுளாபுலின் கள், LgG என்ற காமா குளாபுளின்களும் LgA என்ற ஆல்ஃபா குளோபுலின்களும் ஆகும்.

ஒட்டுண்ணிகள் பெரும்பாலும் மனிதனுக்கும், விலங்குகளுக்கும் ஊறு விளைத்து நோய்களை உண்டாக்குவதால் இன்றைய மருத்துவம் இவ்வொட்டுண்ணிகளை ஒழிப்பதில் முனைந்துள்ளது. பல்வேறு நோய்த் தடுப்பு முறைகளும், மருந்துகளும், ஒட்டுண்ணித்தடுப்பு ஒழிப்புத்திட்டங்களும் உருவாக்கப்

பட்டாலும், இவ்வுயிரிகளை அறவே ஒழிப்பதில் இன்னும் வெற்றி கிட்டவில்லை. ஓம்புயிரிகளே இவற்றுக்கெதிராகச் செயல்பட்டாலும், அவை ஒட்டுண்ணிகளைத் தாங்கவல்ல பொறுமையைப் பெற்றுள்ளனவேயன்றி ஒட்டுண்ணிகளை முற்றிலும் ஒழிக்கும் முயற்சியில் தோல்வியே அடைகின்றன, இதன் மூலம் ஒட்டுண்ணித்துவம்;ஓர் இயற்கை உறவு முறை என்பதை அறியலாம்.

ஆயினும் மனிதன் அவ்வுறவு முறையையும் தனக்கு ஏற்புடையதாகப் பயன்படுத்தியுள்ளான். மனித உணவு உற்பத்தியில் பெருமளவு பூச்சிகளால் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பூச்சிக் கொல்லிகளைமிகுதி யாகப் பயன்படுத்தியுங்கூட அத்தீங்குயிரிகளை அறவே ஒழிக்க வகையில்லை. இந்நிலையில் அறிவியல், ஒட்டுண்ணித்துவ முறைப்படி அவற்றை ஒழிப்பதில் வெற்றி கண்டுள்ளது.

மேலும் இயற்கையில் ஒரு வாழிடத்தில் பலவுயிரி களும் சேர்ந்து வாழும்போது ஒட்டுண்ணிகள் அங்கு ஏதாவது ஓர் இனத்தைத் தாக்கக்கூடும். அவ்வினமே மனிதனுக்குப் பயன்தரும் இனமானால் அது மேலும் பொருளாதாரத்திற்குக் கேடாகிறது. எடுத்துக் காட்டாக மீன்கள் ஒட்டுண்ணிகளால் தாக்கப்படும் போது அவற்றின் இனப்பெருக்கம் குன்றும்: அவ் வகை மீன்களையும், சில விலங்குயிரிகளையும் பாது காப்பான, ஒட்டுண்ணிகள் அண்டாத சூழ்நிலையில் வளர்ப்பதால் அவற்றின் உற்பத்தியையும் பெருக்க முடியும்.

- க. இராமலிங்கம்

ஒட்டுண்ணியப் பால்மாற்றம்

ஒட்டுண்ணிகளின் தாக்குதலால் அவை சார்ந்துள்ள ஓம்புயிரி (host) விலங்குகளின் இனச்செல் உறுப்புகள் (gonads) தாக்கமடைந்து அதன் காரணமாக அவ் வோம்புயிரி விலங்குகள் மலட்டுயிரிகளாக மாறு வதோ பால்மாற்றம் அடைவதோ ஒட்டுண்ணியப் பால் மாற்றம் (parasitic castration) எனப்படும். இதுநேரிடைப் பால்மாற்றம் மறைமுகப் பால்மாற்றம் என இருவகைப்படும்.

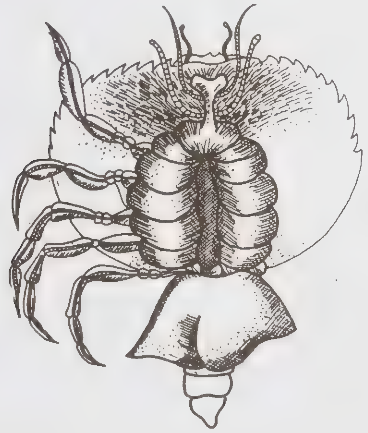
நேரிடைப் பால்மாற்றத்தில் ஒட்டுண்ணி, தான் சர்ந்து வாழும் ஓம்புயிரின் இன உறுப்பை ஊடுருவிச் சென்று அதைச் சிறுகச் சிறுக அழித்து விடுகிறது. இதனால் இனச்செல் உறுப்பு விந்து அணுக்களையோ சினையணுக்களையோ உருவாக்குவதில்லை. தட்டைப் புழுக்களின் இளவுயிரி ரெடியாவின் தாக்குதலால் சில நத்தைகள் மலட்டுத் தன்மை அடைவதை இதற்குச் சான்றாகக் குறிப்பிடலாம். போர்ட்டுனஸ் என்ற நண்டின் இனச்செல் உறுப்பை அதில் ஒட்டுண் ணியாக வாழும் டைஸ்டோமம் என்ற புழு அழித்து விடுவதற்கும், சில மீன் இனங்களின் இனச்செல் உறுப்பைச் சில ஒட்டுண்ணி நாடாப்புழுக்கள் அழித்து விடுவதற்கும், நட்சத்திர மீனின் இனச்செல் உறுப்பை முன்னுயிரி (protozoan) ஒட்டுண்ணிகள் அழித்துவிடுவதற்கும் இவ்வகைப் பால்மாற்றமே காரணமாகும்.

மறைமுகப் பால்மாற்றத்தில் ஒட்டுண்ணி, தான் சார்ந்து வாழும் ஓம்புயிரி விலங்கின் இனச்செல் உறுப்பை நேரிடையாகத் தாக்காமல் பொதுப்படை யாக அவ்விலங்கின் உடலில் ஒரு தாக்கத்தை ஏற் படுத்த, அதன் விளைவாக இனச்செல் உறுப்புகள் பாதிக்கப்பட்டுப் பால்மாற்றம் ஏற்படுகிறது. சாக் குலைனா என்னும் ஒட்டுண்ணி ஒருவகைக் கடல் நண்டைத் தாக்குவதால் அந்நண்டில் பால்மாற்றம் ஏற்படுவது இவ்வகையைச் சேர்ந்தது. பெல்ட்டோ காஸ்ட்டர் என்ற கடின ஓட்டுடலியின் (crustacean) பெண் இனச்செல் உறுப்பு லிரியாப்ஸிஸ் என்ற ஓட்டுட லியின் தாக்குதலால் அழிவதும், துறவி நண்டின் (hermitcrab) இனச்செல் உறுப்புகள் பகூரிதீரியம் என்ற ஓட்டுடலியின் தாக்குதலால் அழிவதும் இவ்வகைப் பால்மாற்றத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

மறைமுகப் பால்மாற்றம் ஏற்படும் விதம் தெளி வாக்கப்படவில்லை. பொதுவாக இவ்வகைப் பால் மாற்றத்திற்கு மூன்றுவகை அடிப்படைக் காரணங்கள் கூறப்படுகின்றன. ஓம்புயிரி விலங்கின் இரத்தத் தையும் ஊட்டப் பொருள்களையும் ஒட்டுண்ணி உறிஞ்சிவிடுவதால், இனச்செல் உறுப்புகள் அவற்றின் இயல்பான செயல்களைச் செய்வதற்குத் தேவை யான அளவு ஊட்டப் பொருள்கள் ஓம்புயிரிகளின் இனச்செல் உறுப்புகளில் இருப்பதில்லை. அதனால் அவற்றின் இனச்செல்லாக்கச் செயல்கள் முறையாக நடைபெறுவதில்லை எனச் சிலர் கருதுகின்றனர். இரத்தப்புழுத் தாக்குதலால் ஒரு வகை நத்தையில், நாட்பட்ட பட்டினியை ஒத்த ஒருநிலை உருவாகி, அதன் காரணமாக நத்தையின் இரத்தத்தில் புர தங்கள் அமினோ அமிலங்கள் ஆகிய நைட்ரஜன் சார்ந்த ஊட்டப் பொருள்கள் குறைவதாகவும், நைட்ரஜன் கழிவு மற்றும் அதற்குத் தேவையான நொதிகள் பெருகுவதாகவும், மேலும் திசுக்களிலுள்ள கிளைகோஜன், இரத்தத்திலுள்ள குளுகோஸ் போன்ற ஆற்றல்மிகு பொருள்கள் குறைவதாகவும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய வளர்சிதை மாற்றங்களால் ஏற்படும் தாக்கத்தால் இனச்செல் உறுப்பு சரிவரச் செயல்பட முடியாமல் போகலாம் என்று கருதுவோரும் உண்டு.

ஒட்டுண்ணி ஒரு வகை நச்சுப் பொருளை உரு வாக்கி அதைத் தான் சார்ந்து வாழும் ஓம்புயிரி விலங்கின் உடலில் செலுத்துவதால் மொத்தத்தில் அந்த ஓம்புயிரி விலங்கு வீரியமிழந்து, அதனால் இனப்பெருக்கம் தாக்கமடைகிறது என்பது இரண் டாம் வகைக்கான காரணமாகக் கூறப்படுகிறது.

விலங்குகளின் இனப்பெருக்கச் செயல்கள் பொதுவாக ஹார்மோன்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த ஹார்மோன்கள் தாக்கப்படுவதால் பால் மாற்றம் ஏற்படுகிறது என்பது காரணமாகக் கூறப்படுகிறது. முன்னர்க் கூறப்பட்ட சாக்குலினா - நண்டு ஒட்டுண்ணி-ஓம்புயிரி உறவினால் நண்டு பால் மாற்றம் அடைதல் இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறப்படுகிறது. சாக்குலைனா தன் இளவுயிரிப் பருவத்திலேயே நண்டை அடைந்து அதனுள் செல்லுகிறது. அப்போது இளநண்டின் உடலில் பல மாற்றங்கள் ஏற்படும். ஒட்டுண்ணி புடைப்பாக வயிற்றுப் பகுதியின் கீழ்ப்பக்கத்தில் உடலிலிருந்து வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கிறது. இப்புடைப்பு பலமுறை மீண்டும் மீண்டும் பிரிந்து செல்லும் வேர்போன்ற ஓர் அமைப்பின் வழியாக நண்டின் இரத்தக் குழிகள் உறுப்புடன் தொடர்பு கொள்கிறது. இந்த வேர் அமைப்புகளின் மூலம் சாக்குலைனா, நண்டின் இரத்தத்தையும் ஊட்டப்பொருள்களையும் உறிஞ்சுகிறது.



படம்

தாக்கப்பட்ட நண்டு ஆண் நண்டாக இருந்தால் அதன் ஒடுங்கிய வயிற்றுப்பகுதி விரைவில் அகன்று பெண் நண்டின் வயிற்றுப் பகுதி போல மாறுகிறது. ஆண் நண்டின் இனப்பண்புகள் ஆண்பாலினச் சுரப்பியால் (androgenic gland) சுரக்கப்படும் ஹார்மோனால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. சாக்குலைனா தொடர்ந்து நண்டின் இரத்தத்தை உறிஞ்சுவதால் இச்சுரப்பி தன் எல்லை மீறிச் செயல்பட்டு, விரைவில் பழுதடைந்து அதனால் ஹார்மோனைச் சுரக்க இயலாத நிலை அடைகிறது. விலங்குகளில் பொதுவாக இருபால் இனப்பண்பு உருவாக்குந் திறன் இருப்பதாலும், ஆண் இன ஹார்மோன் இல்லாத நிலையில் பெண் உறுப்புகள் வளர்ச்சியடைவதாலும், தாக்கமடைந்த ஆண் நண்டில் பெண் உறுப்புகள் வளர்ச்சியடைந்து பால்மாற்றம் நிகழ்கின்றது.

ஒட்டுண்ணித் தாக்குதலால், ஹார்மோன் அளவில் மாறுபாடு ஏற்பட்டுப் பால்மாற்றம் அடைவது நத்தையினங்களில் நிகழ்கிறது. டிரைகோகார்சியா என்ற ஒட்டுண்ணி லிம்னேயா என்ற நன்னீர் நத்தையைத் தாக்கும்போது நத்தையின் சினையணுக்களில் கருவுணவாக்கத்தையும், இனப்பெருக்கத்துணை உறுப்புகளின் வளர்ச்சியையும் செயல்பாடுகளையும் தூண்டும் ஹார்மோன் அளவு குறைகிறது. நத்தையில் சினையணு உண்டாகுதல் பெருமளவில் தாக்கமுறுகின்றது.

- மு.அ. அக்பர் பாஷா

ஒட்டு மீன்

உடலின் மேற்பரப்பில் ஓர் ஒட்டுறுப்பைக் கொண்டிருக்கும் ஒட்டுமீன் (Sucker fish) அவ்வொட்டுறுப்பின் துணையினால் கடல் வாழ் சுறாமீன், திமிங்கலம், கடல் ஆமை, கப்பல் ஆகிய தட்டையான பரப்புடைய பிறவற்றுடன் ஒட்டிக்கொள்ளும். இவ்வாறு ஒட்டிக்கொள்வதால் அது, தான் ஒட்டிக்கொண்ட பொருளோடு சேர்ந்து ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. நன்கு நீந்தும் திறனற்ற இம்மீன்கள் இந்த ஒட்டுறுப்பினால் எளிதில் இடம் பெயர முடியும்.

குருத்தெலும்பு மீன் வகையைச் சார்ந்த இம்மீனின் உடல் நீண்டு, இரு முனைகளும் குறுகலாக இருக்கும். இதன் தலை சிறிது தாழ்ந்து காணப்படும்; கண்கள் இரண்டும் பக்கவாட்டில் கீழ்நோக்கியும் வெளிப்பக்கம் பார்த்தும் அமைந்திருக்கும்; வாய் ஆழமாகப் பிளவுபட்டுக் காணப்படும்; தாடை, மேல் அண்ணம் நாக்கு இவற்றில் பற்கள் அமைந்திருக்கும். வயிற்றுப் புறத்துடுப்புகள் மார்புப் பகுதியில் இருக்கும். உடல் முழுதும் நுண்ணிய செதில்களால் மூடப்பட்டிருக்கும், இம்மீனுக்கு உடலினுள் காற்றுப்பை இல்லை.

இம்மீனின் வால் துடுப்பு வயதுக்குத் தகுந்தவாறு மாறுபட்டுக் காணப்படும். வால் துடுப்பின் அமைப்பைக் கொண்டு மீனின் வயதைக் கணக்கிடலாம். இளம் மீனில் இத்துடுப்பு நீண்ட சாட்டை போன்று கறுப்பாகவும், நடுத்தர வயதுள்ள மீனில் வட்டவடிவத்தில் குட்டையாகவும், வயது முதிர்ந்த மீனில் வால் துடுப்பின் மேல், கீழ்க் கதுப்புகள் (lobes) பிளவுபட்டவையாகவும் காணப்படும்.

இம்மீனின் முன் முதுகுத் துடுப்பு பிற மீன்களுக்கு அமைந்திருப்பதைப் போன்று துடுப்பாக இல்லாமல் ஒட்டுறுப்பாக மாற்றம் பெற்றிருக்கிறது. முட்டை வடிவம் கொண்ட ஒட்டுறுப்பின் விளிம்பு ஒரு சவ்வினால் சூழப்பட்டிருக்கும். அவ்வொட்டுறுப்பின்

ஒட்டு மீன்

12-27 இணை வரை தாள் படலங்கள் (lamellae) உள்ளன. ஒவ்வோர் இணைத் தாள் படலமும் ஒரு முள்ளால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அம்முள், முள்ளெலும்பிலிருந்து தோன்றியுள்ள ஒரு முள்ளுடன் அடியில் இணைந்திருக்கும். இந்த இணையான முள்கள் வலம், இடம் என்று இரு பகுதிகளைக் கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு முள்ளும் கீழ்நோக்கி வளைந்து இரு வரிசைகளில் குறுக்காகத் தாள் படலங்களுக்கு அடிப்படையாக அமைந்திருக்கும்.

இந்த மீன் கடலில் செல்லும் கலன்களைக் கூடத் தன் ஒட்டுறுப்பால் நிறுத்தும் திறன் கொண்டது என்று கூறப்படுகிறது. இம்மீனை, ஒட்டிக்கொண்டுள்ள பொருளிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது சற்றுக் கடினம். அதை முன் பக்கமாகச் சிறிதுநகர்த்தி எடுத்தால் தான் ஒட்டிய நிலையிலிருந்து விடுவிக்க முடியும். எனவே இவ்வாறு ஒட்டிக் கொள்ளும் தன்மையைக் கொண்ட இந்த மீனை, ஆஸ்திரேலியா அருகில் உள்ள பெரும் பவளத் திட்டுப் பகுதி வாழ் தொன் மக்கள் கடல் ஆமைகளைப் பிடிப்பதற்குப் பயன் படுத்துகின்றனர். அவர்கள் இம்மீனின் வால் பகுதிக்கு மேல் கயிற்றைக் கட்டிக் கண்களுக்குத் தெரியும் தொலைவில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஆமைகளைப் பிடிப்பதற்காக இந்த மீனைக் கடலில் விடுவர். அது ஆமையின் வயிற்றுப் பகுதியில் தன் ஒட்டுறுப்பால் இறுக்கமாகப் பற்றிக் கொண்டவுடன் கயிற்றை இழுத்து ஆமைகளைப் பிடிப்பர். இவ்வாறே சுறா மீன்களைப் பிடிப்பதற்கும், பெரிய கடல் விலங்குகளைப் பிடிப்பதற்கும் இந்த மீனை அவர்கள் பயன்படுத்துகின்றனர்.

இந்த மீனின் ஒட்டுறுப்புக்குரிய ஒட்டிக்கொள்ளும் திறன், நீராற்றலால் இயக்கப்படும் பொறி நுட்பத்தின் மூலம் ஏற்படுகின்றது என்று போனல் என்பார் கண்டறிந்துள்ளார். இப்பொறி நுட்பத்திற்காக இவ்வொட்டுறுப்பில் பல சிறு வாய்க்கால்கள் உள்ளன. அவற்றில் ஒரு நீர்மம் ஓடிக்கொண்டிருக்கும்; அந்நீர்ம ஓட்டத்தைச் சீர் செய்யும் வகையில் ஆங்காங்கே திறப்பிதழ்கள் (valves) இருக்கும். மேலும் இவ்வொட்டுறுப்பில் பேரிக்காய் போன்ற வடிவமைப்புடைய நகரும் தன்மையுடன் கூடிய எலும்பும், அவ்வுறுப்பின் பின்முனையில் ஒரு சிறிய அடைப்பானும், முன்முனையில் நகரும் தன்மை கொண்ட ஓர் எலும்பும் உள்ளன. இவை அனைத்தும் ஒருங்கிணைந்து சீரான அசைவை உண்டாக்குகின்றன என்று ஆய்வுகளினால் கண்டறிந்துள்ளார், அவர் கருத்துப்படி தாள் படலங்களும், அவற்றுடன் இணைந்துள்ள திசுக்களும் உணர்விகளைக் (receptors) கொண்டுள்ளன. இவ்வுணர்விகள் நீரின் தன்மையையும் எதிர் வரும் நீரோட்டத்தின் தன்மையையும் அறியப்பயன்படுகின்றன.

நன்கு நீந்தும் திறமையற்ற இம்மீன்கள் கடலில் விரைவாக நீந்திச் செல்லும் சுறா, திமிங்கலம் போன்றவற்றின் அடிப்பகுதியில் வாய்ப்பகுதிக்குச் சற்றுப் பின் உள்ள ஒட்டுறுப்பினால் ஒட்டிக்கொள்ளும். இவ்வாறு ஒட்டிக் கொள்வதால் அந்த விருந்தோம்பிக்கும் (host) பிற விலங்குகளுக்கும் அம்மீன் ஒட்டியிருப்பது தெரிவதில்லை. எனவே இந்த ஒட்டு மீனுக்கு நல்ல பாதுகாப்புக்கிடைக்கிறது. தேவையான

நேரங்களில் ஒட்டியுள்ள இடத்திலிருந்து தன்னை விடுவித்துக் கொள்ளும். மேலும் தான் ஒட்டியுள்ள விருந்தோம்பியான சுறாபோன்ற உயிரிகள் இரையுண்ணும் போது சிதறிவிழுகின்ற சிறு ஊன் துண்டுகளை இம்மீன் நீந்திச்சென்று எடுத்து உண்டுவிட்டு மீண்டும் வந்து விருந்தோம்பியின் உடலில் ஒட்டிக்கொள்ளும். ஊனுண்ணியான இம்மீன் இவ்வாறு ஒட்டிக் கொள்வதால், விருந்தோம்பிக்கு எவ்வித நன்மையோ, தீமையோ இல்லை. ஆனால் ஒட்டு மீனுக்கு எளிதாக இடப்பெயர்ச்சியும், தேவையானபோது உணவும், விருந்தோம்பியின் வயிற்றுப் பகுதியில் ஒட்டிக்கொள்வதால் நல்ல பாதுகாப்பும் கிடைக்கின்றன. இவ்வாறு ஒட்டுமீனுக்கும் அதன் விருந்தோம்பிக்கும் இடையேயுள்ள உறவை ஒருங்குண்ணித்துவம் (commensalism) என்பர்.

ஒட்டு மீனின் பத்து வகையான சிற்றினங்கள் வெப்ப-மிதவெப்பக் கடலில் வாழ்கின்றன. இவற்றில் எக்கினிஸ் ரிமோரா (*Echeneis remora*) எக்கினிஸ் நியூக்ராடஸ் (*E. neucratus*), எக்கினிஸ் பிராக்கிப்டிரா (*E. brachyptera*), எக்கினிஸ் அல்பிசென்ஸ் (*E. albescens*) போன்ற இனங்கள் இந்தியக் கடற் பகுதிகளில் காணப்படும் இனங்களாகும்.

எக்கினிஸ் ரிமோரா 20 செ. மீ. நீளம்வரை வளரக் கூடியது. மரக்கட்டையை ஒத்திருக்கும் நிறம் கொண்ட இம்மீன் வெப்ப, மித வெப்பக் கடல்களில் வாழ்கிறது. எக்கினிஸ் நியூக்ராடஸ் மூன்று அடி நீளமும், உடலில் கறுப்புப் பட்டைகளும் காணப்படும். இவ்வினமும் வெப்ப, மிதவெப்பக் கடல்களில் வாழ்கிறது. வெளிர் மரக்கட்டை வண்ணத்திலிருக்கும். எக்கினிஸ் பிராக்கிப்டிராவின் வால் நுனி வெண்மையாக இருக்கும். இம்மீன் இந்தியா, சீனா, வடஅமெரிக்கா, பிரேசில் போன்ற நாடுகளைச் சார்ந்த கடலில் வாழ்கிறது. எக்கினிஸ் அல்பிசென்ஸ் வெளிர்நிறத்தில் இருக்கும். இது இந்தியா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளைச் சார்ந்த கடலில் வாழ்கிறது.

- கு. வரதராசன்

ஒட்டு முனையும், ஒட்டுக் கட்டையும்

இரு வேறுபட்ட தாவர இனத்தின் வெட்டப்பட்ட முனைகளைச் சேர்த்து வளர வைப்பது ஒட்ட வைத்தல் (grafting) எனப்படும். வெட்டப்பட்ட, ஆனால் வேருடன் உள்ள தாவரத்தின் கட்டை ஒட்டுக்கட்டை எனப்படும். வெட்டப்பட்ட பிற தாவரத்தின் பகுதியை ஒட்டுக்கட்டையுடன் இணைப்பது ஒட்டுமுனை (scion) எனப்படும்.

இவ்வாறு ஒட்டுக்கட்டையும், ஒட்டு முனையும் சேர்வதால் வீரியமும், எதிர்ப்பாற்றலும் மிக்க புதிய இனம் கிடைக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாகச் சப்போட்டா, கனி கொடுப்பதற்கு 8-10 ஆண்டுகள் எடுத்துக்கொள்கிறது. ஒட்ட வைத்தலால் 3 ஆண்டுகளில் கனி கிடைக்கிறது. பலமுறை ஒட்டுக் கட்டையும், ஒட்டுமுனையும் தத்தம் பண்புகள் மாறாமல் இருப்பினும் சிலசமயம் ஒட்டு முனையில் புதிய இனம் கிடைக்கிறது. வேறு முறைகளில் இனப் பெருக்கம் செய்ய இயலாத சில தாவரங்களுக்கு இம்முறை உதவுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக பிரான்சியா யூன்ப்ளோராபின் (*Francisea uniflora*) ஒட்டு முனை பிரன்பெல்சியா அமெரிக்கானாவின் (*Brunfelsia americana*) ஒட்டுக் கட்டையுடன் சேர்ந்து வளர்கிறது.

ஒட்டுமுறையைப் பின்பற்றும்போது தண்டின் அமைப்பைப்பற்றியும், அதன் உயிரியக்கம் பற்றியும் தெளிவாக அறிந்திருக்க வேண்டும். ஒட்ட வைத்தலின் நோக்கம் ஒட்டுக் கட்டையின் கேம்பியமும் (cambium) ஒட்டுமுனையின் கேம்பியமும் ஒன்று சேர வேண்டும். அப்போதுதான் கேம்பியத்தின் செல் இயக்கத்தால் இரண்டும் ஒன்று சேர முடியும். ஒட்டு முனையின் கேம்பியச் செல்கள் ஒட்டுக் கட்டையின் கேம்பியச் செல்களுடன் ஒன்று சேராவிட்டால் ஒட்டு உருவாகாது. ஒட்டுமுனை இலைகளைத் தோற்றுவித்து, சூரிய ஒளியின் உதவியால் உணவு தயாரிக்கும் வரை ஒட்டு உயிர்பெற்றதாகக் கருத முடியாது. ஒரு வித்திலைத் தாவரங்களில் ஒட்டு வித்தலைக் கையாள இயலாது.

ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக்கட்டையும் தேர்ந்தெடுக்கும்போது சிலகுறிப்புகளை மனத்தில் கொள்ள வேண்டும். ஒட்டுமுனையும் ஒட்டுக்கட்டையும் ஒரு பேரினத்தைச் சேர்ந்த சிற்றினமாகவோ, ஒரு சிற்றினத்தில் உள்ள வகைகளாகவோ இருக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாகச் சப்போட்டாவை, மாமரத்துடன் ஒட்டவைக்க முடியாது. இரு சிற்றினத்தின் ஒட்டுறவு மிகுதியாக இருக்கும்போது ஒட்டு உருவாதலும் மிகும். ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக்கட்டையின் வளரும் திறனும் ஓரளவிற்கு ஒன்றாகஇருக்கவேண்டும், ஒட்டுக் கட்டையின் திறன் ஒட்டுமுனையின் திறனைவிட மிகுதியாக அமைய வேண்டும். கிளைகளிலிருந்தோ, சிறு கிளையிலிருந்தோ ஒட்டு முனையைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். மேலும் அந்த ஒட்டுமுனையின் பூக்களும், காய்களும் ஒட்டுக் கட்டையைவிட சிறந்தனவாக இருக்க வேண்டும். களிமண் அல்லது மணலுடன், ஒரு பங்கு சாணம் கலந்து நீர் ஊற்றி வளர்ப்பதே ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக்கட்டையும் வளர ஏற்புடையதாகும்.

ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக்கட்டையும் ஒட்ட வைக்க 6 கிராம் ரெசினுடன் 2 கிராம் தேன்கோந்து கலந்து சிறிது ஆளி விதை எண்ணெய் விட்டுச் சிறிது நேரம் காய்ச்ச வேண்டும். உருகியபின், நன்கு

கலக்கிச் சற்றுக் குளிர்ந்த நீரில் ஊற்றிப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஒட்டு முனையும் ஒட்டுக் கட்டையும் ஒட்டுமாறு கட்டி வைக்க மெல்லிய மல்துணியை 1 செ.மீ. அகலத்திற்குக் கிழித்து ரெசினில் நனைத்துக் காயவைத்துப் பின்னர் கட்ட வேண்டும்.

தட்பவெப்பம் நல்ல நிலையில் இருக்கும்போது ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக் கட்டையும், இணையுமாறு கட்ட வேண்டும். வெட்டிய பகுதிகளைச் சூரிய ஒளி, காற்று இவற்றிலிருந்து ஒட்டும் வரை பாதுகாக்க வேண்டும். அதுவரை மாற்று மண் முதலியவற்றால் ஒட்டிய பகுதிகளைப் பேணிக்காக்க வேண்டும்.

ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக் கட்டையும் இணையப் பல முறைகள் உள்ளன. சூழ்நிலைக்சேற்றவாறும், தாவரங்களுக்கேற்றவாறும் மாறுபடினும் முறை ஒன்றேதான். அதாவது ஒட்டுமுனையின் சேம்பியமும், ஒட்டுக்கட்டையின் கேம்பியமும் இணைய வேண்டும்.

சில குறிப்பிடத்தக்க ஒட்டு முறை. இரு ஒட்டு முனைகளையும், ஒட்டுக்கட்டையுடன் இணைக்கும் முறையில் அருகில் உள்ள ஒட்டுமுனையும், ஒட்டுக் கட்டையும் இணைக்கப்படுகின்றன. எ.கா. மாமரம், சப்போட்டா, கொய்யா ஆகியவை இம்முறையில் இணைக்கப்படும்.

விப் அல்லது நாக்கு முறையில் சிறிய தாவரங்கள் நாக்கைப் போன்று வெட்டி ஒட்ட வைக்கப்படுகின்றன அல்லது ஒட்டுக் கட்டையில் பிளவு செய்து அதில் ஒட்டுமுனை ஒட்ட வைக்கப்படுகிறது.

சேண ஒட்டு முறையில் ஒட்டுக்கட்டையை ஆப்புப் போன்று பெரிதாகச் செய்து ஒட்டு முனையின் கூர்மையான மேல் புறத்துடன் ஒட்ட வைக்க வேண்டும்.

கிளெப்ட் அல்லது துவார முறையில் ஒட்டு முனையை விட, ஒட்டுக் கட்டை 3 அல்லது 4 பங்கு பெரிதாக இருக்கும்போது ஒட்டுக்கட்டையில் 8 அங்குலப் பிளவு செய்து ஒட்ட வைக்கலாம்.

கிரவுன் ஒட்டுமுறையில் முதிர்ந்த மரங்களைப் புதுப்பிக்கச் செய்யலாம். வேர் ஒட்ட வைத்தல் முறையில் ஆப்பிளின் வேரை வெட்டி, ஒட்டுமுனையைத் தேர்ந்தெடுத்து மண்ணில் வேர் வருமாறு புதைக்கலாம்.

சிறு செடி ஒட்டவைத்தல் முறையில் மென்மையான தண்டை உடைய தாவரங்களில் கணுவின் பகுதியிலோ, இலையடியிலோ, குறுக்காக வெட்டிப் பின் ஆப்புப் போன்ற ஒட்டுக்கட்டையில் பிளவு ஏற்படுத்தி ஒட்ட வைக்கலாம்.

ஒட்டுமுனையை ஒட்டுக் கட்டையுடன் இணைத்த பிறகு இரண்டும் காற்றில் உடையாமல் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒட்டுக் கட்டையும் ஒட்டுமுனையும் வளரும்போது விரிவடைந்து ஒட்டுக் கட்டு உடையக்கூடுமாகையால் ஒட்டு முனையின் உயரம் மிகாமல் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒட்டு வாழ் தாவரம்

பிற தாவரங்களின் மேல் வளரும் இவை ஒட்டுண்ணித் தாவரங்களிலிருந்து வேறுபட்டவை. இவற்றிற்கு அடிப்படையாக உள்ள தாவரங்கள் தாங்கிகள் எனப்படும். தாங்கும் தாவரங்களை இவை உறைவிடத்திற்கு மட்டுமே பயன்படுத்திக் கொண்டு அத்தாவரங்களுக்கு எவ்விதத்தீங்கும் விளைவிக்காமல் உணவையும், நீரையும் தாமே தயாரித்துக் கொள்ளும். இதனால் தாங்கும் தாவரத்திற்கு எவ்விதத் தாக்கமும் இல்லையாயினும் இவற்றின் எண்ணிக்கை ஒரே தாவரத்தின் மேல் மிகும்போது பழுது ஏற்படும். இவை ஒட்டுண்ணித் தாவரங்களைப்போல் தாங்கும் தாவரங்களிலிருந்து நீரையோ உணவையோ உறிஞ்சுவதில்லை. இவற்றைத் தொற்றும் தாவரங்கள் என்றும் கூறுவர்.

அனைத்து ஒட்டு வாழ் தாவரங்களும் அனைத்து வகையான தாங்கித் தாவரங்களின் மேல் வளரா. சில தாங்கித் தாவரங்களின் மேல் மட்டும் வளரும் இதற்குத் தேர்வுத் தன்மை என்றுபெயர். சான்றாக எலாசிஸ்டா ப்யூசிசோலா என்னும் சிறுபாசி, ப்யூக்ஸ் என்னும் பெரிய கடல் பாசியின் மேல் வளரும்.

ஒட்டு வாழ் தாவரங்கள் பெரும்பாலும் ஈரப் பசையும் காற்றும் உள்ள இடங்களிலும், பனி மிகுந்துள்ள இடங்களிலுமே காணப்படும். காற்றின் இயக்கம், பருவ நிலை மாறுபாடுகளாலும் தட்பவெப்ப நிலைகளாலும் இவை மாறுபடுகின்றன. குளிர் மிகுதியான இடத்தில் பாசிகள், லைக்கன், மாஸ் முதலிய தாவரங்களும் வெது வெதுப்பான இடங்களில் பெரணி தாவரங்களும் உள்ளன.

வெப்ப மண்டலக் காடுகளில் ஆர்க்கிடேசி, ஏரேசி புரோமலியேசி, மாஸ், லைக்கோபோடியம், செலாஜினெல்லா ஆகியன வாழ்கின்றன. ஒட்டு வாழ் தாவரத்தின் வேர்கள் மூன்று வகைப்படும். நான்குஉறிஞ்சு வேர், ஆணிவேர் தாங்கும் தாவரங்களின்மேல் பட்டையில் இருந்து, உப்புகள் கரிமப் பொருள்கள் இவற்றை உறிஞ்சுவதற்குப் பயன்படுகின்றன. தாங்கிகளில் பற்றிக் கொள்ளுவதற்கேற்றவாறு பற்றுவேர்கள் பயன்படுகின்றன. மேலும் வேற்றிடத்து வெளிவேர்களில் வெலமன் என்ற திசுக்கள் காணப்படுகின்றன. இவை காற்றிலுள்ள ஈரத்தை உறிஞ்சவல்லன.

பெரும்பாலும் ஒட்டு வாழ் தாவரங்கள் நீர்க் குறைவால் கோடைக் காலத்தில் இலைகள் குறைந்து

காணப்படுகின்றன. சில ஒட்டு வாழ் தாவரங்களில் ஒரே இலை தோல் போன்று காணப்படுகின்றது. இலைகளில் தடித்த கியூட்டிகிள், அமிழ்ந்த இலைத் துளைகள் உண்டு. சில ஒட்டுவாழ் தாவரங்களில் இலைகள் நீரைத் தேக்கி வைத்துச் சதைப்பற்றுடன் காணப்படும். சான்றாக வெனில்லா, டிஸ்கிடியா, ப்ளேட்டிசீரியம், ஆஸ்ப்ளினியம் நிட்ஸ் முதலிய வற்றின் இலைகள் தொட்டி போன்ற அமைப்பைக் கொண்டு மழை நீரைத் தேக்கி வைக்கின்றன.

டிலாண்ட்சியா இலைகளின் அடிப்பகுதி நீண்ட பை போன்று அமைந்து நீரைத் தேக்குகிறது. அவற்றை டேங்க் அல்லது சிஸ்டர்ன் ஒட்டு வாழ் தாவரம் (tank or cistem eplphytes) என்பர். சிறிய தண்டு ஒட்டு வாழ் தாவரங்களின் இனப்பெருக்கத் திற்குப் போலிக் குமிழ்கள் (pseudo bulbs) கிழங்கு முதலியன பயன்படுகின்றன.

செயலியல் பண்பு. ஒட்டு வாழ் தாவரங்கள் மழை, பனி, முதலியவற்றால் கிடைக்கும் நீரையும், தங்கும் நீரையும் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. பாசி, மாஸ், லைக்கன், டிலாண்ட்சியா போன்ற தாவர இனங்கள் தம்மிடமுள்ள உறிஞ்சு மயிரால் நீர் கிடைக்கும் போது உறிஞ்சித் தேக்கிக் கொள்கின்றன.

ஆர்க்கிடேசி, ஏரேசி. இக்குடும்பத்தைச் சேர்ந்த தாவரங்களில் வெலமன் என்ற கடற்பஞ்சு போன்ற திசுக்கள், வேர்களின் புறத்தே அமைந்து காற்றில் உள்ள நீர்த் துளிகளை உறிஞ்சுகின்றன. இவ்வகைத் தாவரங்கள் காற்றிலுள்ள கார்பன் டைஆக்சைடு நீர், சூரிய ஒளி இவற்றின் உதவியால் பசுங்கனிகங்கள் (chloroplasts) மூலம் உணவைத் தயாரிக்கின்றன.

ஒட்டு வாழ் தாவரங்களின் இனப்பெருக்கம் விதை ஸ்போர்கள் போன்ற இனப்பெருக்கிகள் அல்லது வித்துகள் மூலம் எளிதில் பரவ வேண்டும். தகுந்த சூழ்நிலை அமைந்தும் பிற தாங்கித் தாவரங்களின் பழங்களை அல்லது விதைகளைப் பறவைகள் உண்ணு கின்றன. விதைகள் பறவைகளின் எச்சத்துடன் மரங் களின் மேல் தங்கிப் புதிய தாவரங்களை உண்டாக்கு கின்றன. வேர்களே இல்லாத டில்லெண்டஸியா அஸ்னியாய்டியிலிந்து (tillandsia usneoide) சிறு பகுதிகள் தாங்கித் தாவரததின் மேல் ஒட்டிக் கொண்டு வளரத் தொடங்கும். சிம்பர் என்பார் ஒட்டு வாழ் தாவரங்களை மூவகையாக வகைப்படுத்தியுள் ளார்.

முன் ஒட்டு வாழ் தாவரம். இவ்வகைத் தாவரங்கள் மரப்பட்டைகளிலிருந்தும் வளி மண்டலத்திலிருந்தும் நீரை எடுத்துக் கொள்கின்றன. எ.கா. பெப்ரோமியா

குறை ஒட்டு வாழ் தாவரம். இவ்வகைத் தாவரங் களில் ஒட்டு வாழ் குணமுடைய தாவர வாழ்க்கையின் முன் பகுதியிலோ பின் பகுதியிலோ காணப்படும். பிற நேரங்களில் வேர்கள் புவியில் ஒட்டி வாழும். எ.கா. ஆல், அரசு (Ficus), ஸ்கின்டாப்சஸ் அபிசினாலிஸ் (*Scindapsus officianalis*).

தொட்டி ஒட்டு வாழ் தாவரம். பள்ளமான இலை யின் அடிப்பகுதி நீரைத் தேக்கி வைக்கப் பயன்படு கிறது. எ.கா. டிலாண்ட்சியா (Tillandsia), நிடுலேரியம் (*Nidularium*).

- பா. அண்ணாதுரை

ஒட்டு வீரியம்

இனக் கலப்பினால் விளையும் கலப்புப் பயிர்களில் உண்டாகும் உருவ எழுச்சியும் கலப்பு எழுச்சியும் ஒட்டு வீரியம் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒட்டு வீரியப் பயிர்கள் மூல தாவரங்களை விட வளர்ச்சி, வளம் விள்ளச்சல் ஆகியவற்றில் சிறந்து விளங்கும். இவ்வகையில் இரு வேறுபட்ட மரபியல் பண்புகளை யுடைய தாவரங்கள் கலக்கின்றன. ஒரே மரபியல் பண்புடைய தாவரங்கள் கலந்தால் வீரியம் குறை கிறது. அதனால் இந்த ஒட்டுவீரிய முறை பழங்காலத் திலிருந்தே பயன்பாட்டில் உள்ளது.

கல்ரூய்ட்டர், நைட், நாடின் என்போர் முதன் முதலில் பயிர்க் கலப்பைக் கையாண்ட முன்னோடி களாவர். மெண்டல் என்பார் பட்டாணிச் செடியில் இத்தகைய பயிர்க் கலப்பைச் செய்து மரபியல் அடிப் படைக் கருத்துகளையும் விதிகளையும் விளக்கினார். 1876 இல் சார்லஸ் என்பவர் இக்கலப்புப் பயிர்களில் வீரியம் மிகுந்திருப்பதைக் கண்டார். 1915 இல் டாக்டர் ஜி. எச். ஷல் என்பார் ஒட்டுவீரியம் என் னும் பொருளுடைய ஹட்டிரோசிஸ் என்னும் சொல்லை முதன் முதலில் பயன்படுத்தினார்.

ஒட்டுவீரியத்தால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் தாவரத் தின் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் காணப்படுவதில்லை. சில தாவரங்களில் அல்லது சில தாவரப் பகுதிகளில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. சான்றாக காரட்டில் அதன் வேர்க்கிழங்கிலும், உருளைக் கிழங்கில் அதன் தரைக் கீழ்த்தண்டிலும், முட்டைக்கோஸ், லெட்டி யூஸ் ஆகியவற்றில் அவற்றின் இலைகளிலும், காலி பிளவரின் பூவிலும் காணப்படுகின்றன.

ஒட்டுவீரியத்தால், மூதாதைத் தாவரங்களைவிட உயரம், எடை, அளவு, உறுப்புகளின் எண்ணிக்கை வளர்ச்சி, விளைச்சல் ஆகியவை உயர்தல், வளம். வாழும் தன்மை ஆகியவை சிறப்பெய்தல், நன்றாக விதை முளைக்கும் ஆற்றல் எய்தல், மற்றவற்றை விட வாழும் காலம் மிகுதல், முதலிற் பூத்து முதிர்ச்சி அடைதல், நோய், பூச்சி, வறட்சி ஆகியவற்றிற்கு மிகுதியான எதிர்ப்புத் திறன் பெறுதல் ஆகிய சிறப்புப்

பண்புகளால் பயிர்வளம் மிகுதலை ஆய்வுகள் தெளிவுபடுத்தியுள்ளன.

கோதுமை, அரிசி, பருப்பு, தக்காளி, புகையிலை, முதலிய பெரும்பாலான பயிர்த்தாவரங்களில் தன் மகரந்தச்சேர்க்கை நிகழ்கிறது, அதனால் இவை வீரியம் குறைந்து காணப்படுகின்றன. ஆகையால் தற்காலத்தில் இத்தாவரங்களில் ஒட்டுவீரிய முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒட்டுவீரியத்திற்கான காரணிகளை மரபியல் செயலில் காரணிகள் எனப் பிரிக்கலாம்.

மரபியல் காரணி

இவை இரு கருதுகோள்களைக் கொண்டவை. அவற்றில் ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாட்டைப் (dominant factor hypothesis) புரூஸ் என்பார் வகுத்தார். இக்கொள்கைப்படி, மூதாதைகளை விட, பயிர்மாற்றத்தினால் ஏற்பட்ட ஓங்கு ஜீன்களால் ஒட்டு வீரியத் தன்மை கிடைக்கும். எடுத்துக்காட்டாக,

மூதாதைகள் A A bb DD X aa BB dd

பரம்பரை Aa Bb Dd

இந்த பரம்பரைத் தாவரம் மூதாதைத் தாவரங்களை விட வீரியம் மிகுந்தவையாகும்.

மிகு ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாடு. (over dominance hypothesis). இது ஷல், ஈஸ்ட் ஆகியோரால் தனித் தனியாக வெளியிடப்பட்ட கொள்கையாகும். இது ஒட்டுவீரியத்தில் எந்த அளவுக்கு ஹட்டிரோசைகள் உள்ளனவோ அந்த அளவுக்கு வீரியம் மிகும் என்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக A_1 A_2 என்ற ஜீன் தொகுப்பு A_1 A_1 அல்லது A_2 A_2 ஜீன் தொகுப்புகளைவிட வலிமை வாய்ந்தவையாகும்.

செயலியல் காரணி

சைட்டோபிளாச உட்கருக்கோட்பாடு. கலப்பு இன விருத்தியாளர்களான லெவிஸ் ஷல் மைக்கேலிஸ் என்போர் ஒட்டுவீரியம், சைட்டோபிளாசம்-நியூக்ளியஸ் தொடர்பால் உண்டாகிறது என்ற கொள்கையைச் சார்ந்துள்ளனர்.

பெருமுதலீட்டு ஒட்டுவீரியக் கோட்பாடு (greater initial copital hypothesis). இது ஆஷ்பி என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. இக்கொள்கைப்படி, ஒட்டுவீரியம் தொடக்கநிலைக் கரு (embryo) அளவை வைத்தே கூறப்படும்.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒட்டுறவின் அளவைகளும் மிகைத் தன்மை ஆய்வுகளும்

இரு மாறிகளுக்கிடையே (variables) உள்ள உறவையும் அதன் அளவையும் கணக்கிடும்முறை புள்ளியியலில் பெரிதும் பயன்படும் பகுதியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, x என்ற மாறி மழையளவையும், y என்ற மாறி அந்த மழையளவிற்கு ஏற்ற பயிர் விளைச்சலையும் குறிக்கட்டும். இந்த இரு மாறிகளுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு நேர்முகத் தொடர்பாகவும் (positive correlation) எதிர்மறைத் தொடர்பாகவும் (negative correlation) அல்லது உறவே இல்லாமலும் இருக்கலாம். இவ்வாறே, x என்ற மாறி உயரத்தையும், y என்ற மாறி எடையையும் குறித்தால், உயரத்திற்கும் எடைக்கும் உள்ள தொடர்பு எத்தன்மைத்து என்பதைக் காண முடியும். x மாறியின் மதிப்பு அதிகரித்துக் கொண்டே போகும்பொழுது y மாறியின் மதிப்பும் அதிகரித்துக் கொண்டுபோனால் இவ்விரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள உறவு நேர்முகமாக இருக்கும். x மாறி பொருளின் விலையையும், y மாறி விற்பனை அளவையும் குறிப்பதாகக் கொண்டால், இவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு எதிர்மறையாக இருக்கும்.

x, y மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பை அளப்பதற்கு ஒட்டுறவுக் கெழுவைப் (correlation coefficient) பயன்படுத்தலாம். இக்கெழு, இரு மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு எந்த அளவிற்கு இருக்கிறது என்பதைக் காட்டும். இரு மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு ஒரு நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருக்குமேயானால் அது நேர்கோட்டு ஒட்டுறவு (linear correlation) என்று குறிக்கப்படுகின்றது. x,y என்ற இரு மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள ஒட்டுறவுக் கெழுவைக் காண, பியர்சனின் ஒட்டுறவுக் கெழு (Pearson's correlation coefficient)

$$r_{xy} = \frac{\Sigma xy - \dfrac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n}}{\sqrt{\left(\Sigma x^2 - \dfrac{(\Sigma x)^2}{n}\right)\left(\Sigma y^2 - \dfrac{(\Sigma y)^2}{n}\right)}}$$

என்ற வாய்பாடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் n என்பது (x,y) இணைகளின் எண்ணிக்கையாகும். இவ்வொட்டுறவுக் கெழுவின் மதிப்பு -1 - +1 வரை அமைந்திருக்கும். r_{xy} இன் மதிப்பு +1 என்றிருப்பின், ஒட்டுறவு நேர்முகமாக உள்ளதெனவும், r_{xy} இன் மதிப்பு -1 என்றிருப்பின், ஒட்டுறவு எதிர்மறையாக உள்ளதெனவும், r_{xy} இன் மதிப்பு பூச்சியமாக இருப்பின், ஒட்டுறவு இல்லை எனவும் கணக்கிடப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஐந்து மாணவர்கள் இரண்டு தேர்வுகளில் பெற்ற மதிப்பெண்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தேர்வு 1 : 70, 72, 74, 76, 78

தேர்வு 2 : 57, 59, 61, 63, 65

இதில் ஒட்டுறவுக் கெழுவின் மதிப்பு 1 எனக் கிடைக்கிறது. எனவே, இரு தேர்வுகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு

சரியான நேர்முகத் தொடர்பு (perfect positive correlation) எனப்படுகிறது.

மேலும் பிறிதோர் எடுத்துக்காட்டில் ஐந்து மாணவர்கள்

முதல் தேர்வில் 35, 36, 37, 38, 39 என்றும்,

2 ஆம் தேர்வில் 80, 79, 78, 77, 76 என்றும்,

மதிப்பெண்கள் பெற்றிருந்தால் ஒட்டுறவுக் கெழுவின் மதிப்பு-1 ஆகிறது. இங்கு, இரு தேர்வுகளுக்குமுள்ள தொடர்பு சரியான எதிர்மறை உறவு எனப்படும்.

அடுத்து,

X : -2, -1, 0, 1, 2

Y : 4, 1. 0, 1, 4

என்ற விவரத்திலிருந்து ஒட்டுறவுக் கெழுவின் மதிப்பு பூச்சியம் ஆவதால் x க்கும், y க்கும் இடையே தொடர்பு இல்லை எனத் தெரிகிறது.

விவரங்களைத் திரட்டும்போது, இரு மாறிலிகளின் மதிப்புகள் சில சமயங்களில் பெறப்படாமல், அதற்கு மாறாக அம்மாறிகளின் தர மதிப்புகள் (ranks) பெறப்படலாம். தரங்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பு ஓரளவிற்கு மாறிகளின் இடைத் தொடர்பை எடுத்துக்காட்டும். இந்தத் தர ஒட்டுறவுக் கெழுவைக் (rank correlation coefficent) காண ஸ்பியர்மேனின் தர ஒட்டுறவுக்கெழு வாய்பாடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வொட்டுறவுக் கெழுவின் மதிப்பும் —1 - +1 வரை அமைந்திருக்கும்.

ஒட்டுறவு அளவைகளுக்கான மிகைத்தன்மை ஆய்வுகள். கொடுக்கப்பட்ட முழுமைத் தொகுதியிலிருந்து (population) தேர்ந்து எடுக்கும் n உருவ அளவுள்ள பல மாதிரிகளின் ஒட்டுறவுக் கெழுக்களைக் கொண்டு ஓர் அலைவெண் பரவலை அமைத்தால், அப்பரவலின் திட்ட விலக்கம் (standard deviation), $(1-\rho^2) / \sqrt{n-1}$ என்றிருக்கும். இங்கு ρ என்பது முழுமைத் தொகுதியின் ஒட்டுறவுக் கெழுவாகும். இப்பரவல் இயல்நிலைப் பரவலாக அமையும். முழுமைத் தொகுதியின் ஒட்டுறவுக் கெழு ρ க்கும், மாதிரியின் ஒட்டுறவுக் கெழு r க்கும் இடையே வேறுபாடு (difference) உள்ளதா, இல்லையா என்பதை ஒரு மிகைத்தன்மை ஆய்வு மூலம் அறியலாம். இதற்கான மிகைத்தன்மை ஆய்வான t- ஆய்வைப் (t-test) பயன்படுத்தவேண்டும்.

$$t = \frac{|r-\rho|}{(1-\rho^2)\sqrt{n}}$$

மாதிரியின் ஒட்டுறவுக் கெழு 1க்கு அருகிலோ மிகச் சிறியதாகவோ அமைந்தால் ஃபிஷரின் Z - ஆய்வு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

$$Z_1 = \tfrac{1}{2}\log_e \frac{1+r}{1-r}, \quad Z_2 = \tfrac{1}{2}\log_e \frac{1+\rho}{1-\rho}$$ ஆனால்,

$$Z = \frac{|Z_1 - Z_2|}{\frac{1}{\sqrt{n-3}}}$$ ஆகும்.

மேலே குறிப்பிட்ட t இன் மதிப்போ Z இன் மதிப்போ 1.96ஐ விட அதிகமாக இருப்பின் முழுமைத் தொகுதியின் ஒட்டுறவுக் கெழுவிற்கும், மாதிரியின் ஒட்டுறவுக் கெழுவிற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு மிகையன்று என 5% மிகைத்தன்மை மட்டத்தில் தீர்மானிக்கப்படும்.

இரு மாதிரிகளின் ஒட்டுறவுக் கெழுக்களிடையே உள்ள வேறுபாட்டிற்கான மிகைத்தன்மை ஆய்வைக் காண, r_1, r_2 என்பன, n_1, n_2 என்ற இரு மாதிரிகளின் ஒட்டுறவுக் கெழுக்கள் ஆனால், r_1, r_2களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டைக் காண

$$t = \frac{|Z_1 - Z_2|}{\sqrt{\frac{1}{n_1-3} + \frac{1}{n_2-3}}}$$

என்ற ஆய்வு மாதிரி அளவைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இதில் $Z_1 = \frac{1}{2}\log_e \frac{1+r_1}{1-r_1}$, $Z_2 = \frac{1}{2}\log_e \frac{1+r_2}{1-r_2}$ ஆகும். t இன் கண்டறிந்த மதிப்பு 1.96ஐ விட அதிகமாக இருப்பின், இரு மாதிரி ஒட்டுறவுக் கெழுக்களிடையே உள்ள வேறுபாடு மிகையன்று என 5% மிகைத்தன்மை மட்டத்தில் தீர்மானம் செய்யவேண்டும்.

மாதிரி அளவான n இன் மதிப்பு 30ஐ விடக் குறைவாக இருந்தால் சிறிய மாதிரி எனக் கருதி, சிறிய மாதிரிக்கான மிகைத்தன்மை ஆய்வைப் பயன்படுத்தவேண்டும். முழுமைத் தொகுதியின் ஒட்டுறவுக் கெழுவிற்கும் மாதிரியின் ஒட்டுறவுக் கெழுவிற்கும் உள்ள வேறுபாட்டை அறிய,

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$ என்ற ஆய்வு மாதிரியைப் பயன்படுத்தவேண்டும். இங்கு (n—2) வரையற்ற பாகையோடு (degree of freedom) t பரவலாக அமைகிறது.

- வி. எஸ். சம்பத்குமார்

ஒட்டுறவு

அறிவியல், பொருளியல், சமூகவியல் போன்ற பல துறைகளில் தற்போது புள்ளியியல் பெரிதும் பயன்

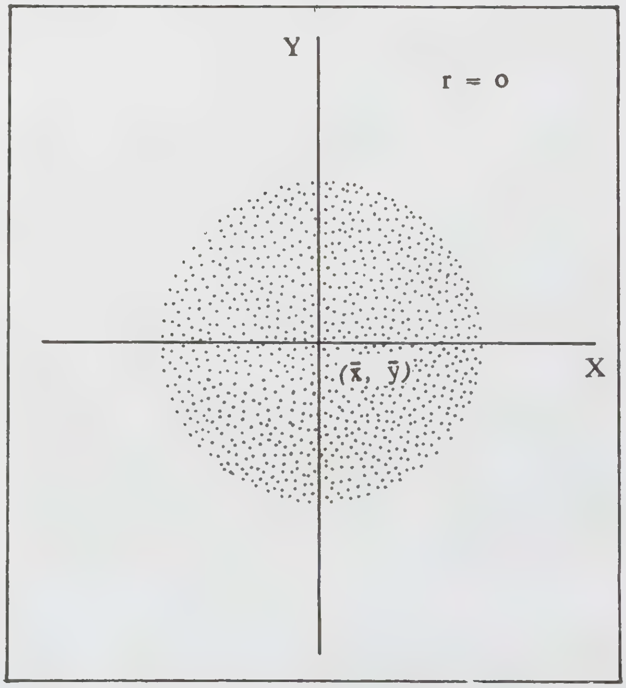
படுத்தப்படுகிறது. ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட பல அல்லது பல பொருள்கள் அடங்கிய குழு அல்லது கூட்டம் முழுமைத் தொகுதி (universe) என்றும், இத்தகைய தொகுதியில் அடங்கிய ஓர் ஆள் அல்லது பொருள் அல்லது ஒருசில மட்டும் அடங்கிய பகுதி மாதிரி (sample) என்றும் குறிக்கப்படும். ஒரு தொகுதியில் உள்ளோரின் பண்புகள் ஒரே மாதிரியாக இருக்க வேண்டுமென்பதில்லை; ஒரே இனத்தைச் சார்ந்த பல தொகுதிகளையோ பல இனங்களைச் சார்ந்த தொகுதிகளையோ அலைவெண் பரவல்களையோ ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்குப் புள்ளியியலில் கூட்டுச் சராசரி, திட்ட விலக்கம் போன்றவை பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

ஒரு மாறியின் தன்மைகளும் அசைவுகளும் அதனுடன் தொடர்புடைய வேறுசில மாறிகளின் தன்மைகளையும் அசைவுகளையும் சார்ந்தும் சாராமலும் இருக்கலாம். பலதரப்பட்ட மாறிகள் ஒன்றோடொன்று ஏதாவதொரு வகையில் தொடர்பு கொண்டிருக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, உணவுப் பொருள்களின் உற்பத்திக்கும், விலைவாசிக்கும் தொடர்பிருக்கும். மேலும் விளம்பரம் - விற்பனை; பொருளின் விலை-அதன் தேவை, உர அளவு - உற்பத்தித்திறன், மழை அளவு - விளைபலன் ஆகிய மாறிகள் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடையனவாக இருக்கும்.

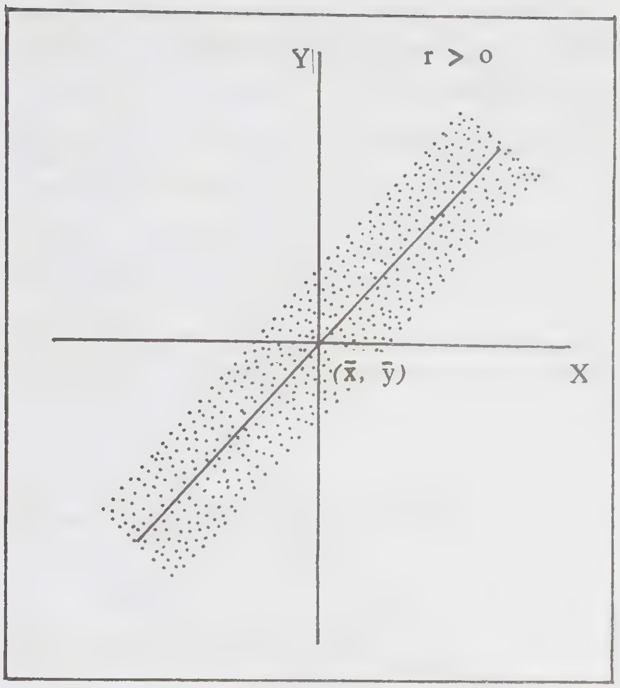
மழை நாளில் குடைகளின் விற்பனை மிகுதியாகும் - அதாவது குடைகளின் விற்பனை மழை நாளைச் சார்ந்திருப்பதால், இதனைச் சார்ந்த அல்லது சார்புடை மாறி (dependent variable) என்றும், ஆனால் மழை நாளின் எண்ணிக்கை, குடையின் விற்பனையைச் சார்ந்து இராமையால் இதனைச் சாராமாறி (independent variable) என்றும் குறிப்பிடலாம். இவ்வாறே உணவுப்பொருள்களின் உற்பத்தி மிகுதியானால் அவற்றின் விலைவாசி குறையும். இங்கு ஒன்று காரணமாகவும் ஒன்று விளைவாகவும் இருக்கின்றன. இவ்வாறு இரு மாறிகளுக்கிடையே காணப்படுகின்ற காரண - விளைவுத் தொடர்பு (cause and effect) ஒட்டுறவு அல்லது இடையுறவு (correlation) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு மாறியின் மதிப்பு மிகும்போது (குறையும் போது) மற்றொன்றின் மதிப்பும் மிகுந்து கொண்டே (குறைந்து கொண்டே) சென்றால் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள ஒட்டுறவு நேர்மறை ஒட்டுறவு அல்லது நேரிடைத் தொடர்பு (direct or positive correlation) எனப்படும்.

ஒரு மாறியின் மதிப்பு, கூடிக் (குறைந்து) கொண்டே செல்லும்போது மற்றொன்றின் மதிப்பு குறைந்து (கூடிக்) கொண்டே சென்றால் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு எதிரிடைத் தொடர்பு அல்லது ஒட்டுறவு (inverse or negative correlation) எனப்படும். ஒரு மாறியில் ஏற்படுகின்ற மாறுபாட்டின் அளவுக்கும்அளவுக்கு-மிடையேயுள்ள விகிதம் மாறிலியாக இருந்தால், இந்த ஒட்டுறவை நேர்கோட்டு ஒட்டுறவு (linear correlation) என்றும், அவ்விகிதம் மாறிலியாக இல்லையெனில் வளைகோட்டு ஒட்டுறவு (curvillinear correlation) என்றும் குறிக்கலாம். நேர்கோட்டு ஒட்டுறவு, வளைகோட்டு ஒட்டுறவு ஆகிய இரண்டும் நேரிடையாகவுமிருக்கலாம்; எதிரிடையாகவு மிருக்கலாம்.

சிற்சில சமயங்களில் காரணத்தொடர்பற்ற இரு மாறிகள் பார்ப்பதற்குத் தொடர்புடையன போல் தோன்றினாலும், அவை உடன் தொடர்புடையன எனக்கொள்ள முடியாது. சான்றாக வடஇந்தியாவில் விளையும் கோதுமையின் உயர் விளைச்சலுக்கும், தமிழ்நாட்டின் நெல் விளைச்சலுக்கும் தொடர்பே இல்லை. இவற்றிற்கிடையேயுள்ள ஒட்டுறவு போலி ஒட்டுறவு (spurious correlation) அல்லது பொருளற்ற ஒட்டுறவு (nonsense correlation) எனப்படும். இரு மாறிகளுக்கிடையே காணப்படுகின்ற ஒட்டுறவுக்குத் தனி ஒட்டுறவு (simple correlation) என்றுபெயர். இரு மாறிகள் ஒரு பொதுவான மூன்றாம் மாறியின் மூலம் மறைமுகமான ஒட்டுறவு கொண்டிருந்தால் அவ்விரு மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு பகுதி ஒட்டுறவு (partial correlation) ஆகும். அதாவது மழையளவின் மூலம் உற்பத்தி பெருகுவதோ குறைவதோ ஏற்பட்டு அதனால் விலைவாசி குறைவாகவோ அதிகமாகவோ ஆகலாம். இங்கு மழையளவுக்கும் விலைவாசிக்கும் நேரடித் தொடர்பு இல்லாவிட்டாலும் ஒன்றுக்கொன்று பகுதி ஒட்டுறவைக் கொண்டுள்ளன.

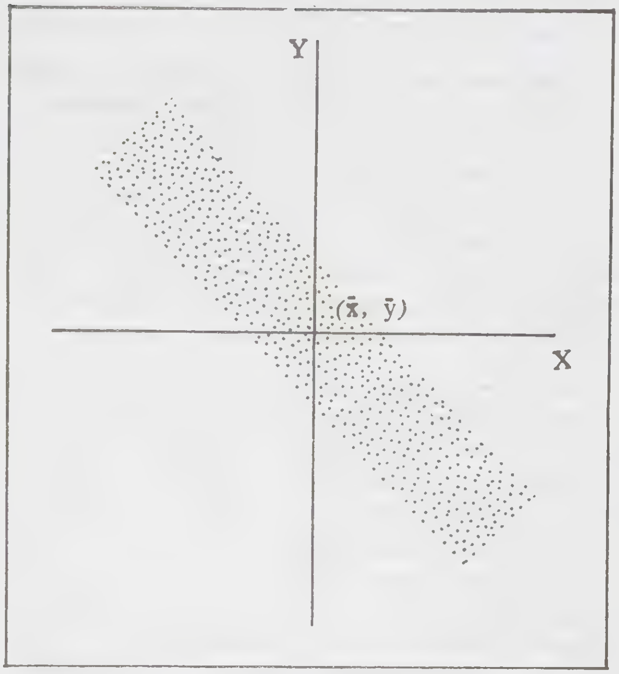


படம் 1. சிதறல் விளக்கப்படம் (ஒட்டுறவின்மை)

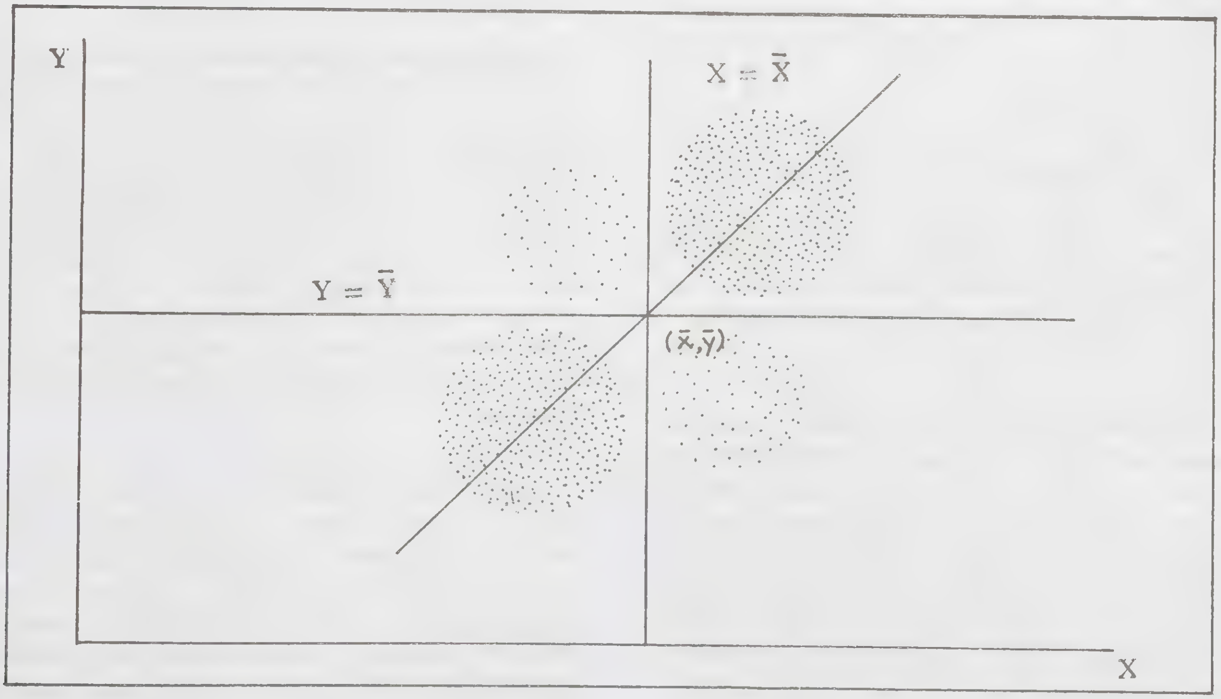


படம் 2. சிதறல் விளக்கப்படம் (நேரிடை உறவு)

சிலசமயங்களில், ஒரு மாறியில் காணப்படுகின்ற ஏற்ற இறக்கங்கள், பல மாறிகளின் ஏற்றஇறக்கங் களைச் சார்ந்த விளைவுகளாகவும் இருப்பதுண்டு. எடுத்துக்காட்டாக மேசை, நாற்காலி முதலிய



படம் 3. சிதறல் விளக்குப்படம் (எதிரிடை உறவு)



படம் 4.

பொருள்களின் விற்பனை போன்ற சார்புடைமாறி அவற்றின் விலை, புதுக்கட்டடங்கள், வருமானம் போன்ற சாராமாறிகளைச் சார்ந்திருக்கும். இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள ஒட்டுறவுக்குப் பலதரப் பட்ட ஒட்டுறவு (multiple correlation) என்று பெயர்.

இருமாறிகளிடையே உள்ள ஒட்டுறவைக் காணும் சில முக்கிய முறைகளாவன: சிதறல் விளக்கப்படம்: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \ldots (x_n, y_n)$ என்பவை x, y என்ற இரு மாறிகளின் n மதிப்புகளில் ஒன்றன் அளவுகளை X அச்சிலும், மற்றதை Y அச்சிலும் சிறுபுள்ளிகளாகக் குறிக்கும் வரை படம், சிதறல் விளக்கப்படம் (scatter diagram) ஆகும். வரைபடத்தில் சிதறி அல்லது பரவி அமைந்திருக்கும் நிலையிலிருந்து அவற்றின் ஒட்டுறவுத் தன்மையை உணரமுடியும்.

புள்ளிகள் வரைபடம் முழுதும் சிதறி இருக்குமாயின் ஒட்டுறவுத் தன்மை இல்லாத நிலையைப் படம் (1) உணர்த்தும். ஒரு நேர்கோட்டின் மேல் அமையப்பெற்று புள்ளிகளின் அமைப்பு கீழிருந்து மேலாக அமையுமாயின் படம் (2) நேர் ஒட்டுறவுத் தன்மையையும், கீழ்நோக்கி அமையுமாயின் படம் (3) எதிர் ஒட்டுறவுத் தன்மையையும் காட்டும். கீழ் இடப் புறமுனையிலிருந்து மேல் வலப்புற முனைக்குச் செல்லுமாறு நேர்கோட்டில் புள்ளிகள் அமையுமாயின் ஒட்டுறவு நேர் உறவாகவும், இடப்புற மேல் முனையிலிருந்து வலப்புறக்கீழ் முனைக்குச் செல்லுமாறு நேர் கோட்டில் புள்ளிகள் அமைந்தால், ஒட்டுறவு எதிர் உறவாகவும் அமையும். இரு மாறிகளுக்கும் உரிய ஒட்டுறவுத்தன்மையை விளக்கும் சிதறல் விளக்கப் படத்தில் உள்ள புள்ளிகள் நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட, அவற்றின் போக்கிலிருந்தும் ஒட்டுறவுத் தன்மையை அறியலாம்.

(x, y) மாறிகளுக்கான கூட்டுச் சராசரியைக் கொண்டு, இவ்விரு மதிப்புகளுக்கான புள்ளிகள் (x, y) வழியாக X, Y அச்சுகளுக்கிணையாக நேர் கோடுகள் வரையும்போது சிதறல் புள்ளிகள் நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரியும். பெரும்பாலான புள்ளிகள் முதல், மூன்றாம் பகுதிகளில் அமையும்போது இரு மாறிகளும் நேர் ஒட்டுறவையும், இரண்டு, நான்காம் பகுதிகளில் அமையும்போது எதிர் ஒட்டுறவையும் குறிக்கும்.

ஒட்டுறவுக்கெழு. இரு மாறிகளுக்கிடையேயுள்ள ஒட்டுறவை, ஒட்டுறவுக் கெழுவின் (correlation coefficient) மூலம் அளவிடலாம். இக்கெழு r என்று குறிக்கப் படுகின்றது. r இன் மதிப்பு - 1 - +1 வரையிலுள்ள இடைவெளியிலிருப்பதாகவும், மதிப்பு நேர் எண்ணாக இருந்தால் மாறிகளுக்கிடையே நேரிடைநிறைவு ஒட்டுறவு (perfect positive correlation) இருப்பதாகவும், எதிரெண்ணாக இருந்தால் எதிரிடை ஒட்டுறவு இருப்பதாகவும், பூஜ்யமானால் ஒட்டுறவு இல்லை யென்றும் கொள்ள வேண்டும். ஒட்டுறவுக் கெழுவினைக் கணிக்கப் பல்வேறு முறைகளிருப்பினும் கார்ல் பியர்சன் முறை மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. $x_1, x_2, \ldots x_n$ அளவுகளுள்ள x மாறியின் மாறுபாடு (variance) $\frac{1}{n}\Sigma(x-\bar{x})^2$ என்றும், $y_1, y_2, \ldots y_n$ அளவுகளுள்ள y - மாறியின் மாறுபாடு $\Sigma\frac{1}{n}\Sigma(y-y)^2$ என்றும் இரு மாறிகளிலும் சேர்ந்தாற்போல் ஏற்படும் உடன் மாறுபாடு அல்லது இணைப் பரவற்படி (covariance) $\frac{1}{n}\Sigma(x-\bar{x})(y-y)$ என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. இது ρ_{xy} என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படும், பியர்சனின் ஒட்டுறவுக் கெழு

$$= \frac{\frac{1}{n}\sum(x-\bar{x})(y-y)}{\sqrt{\frac{1}{n}\Sigma(x-\bar{x})^2\ \frac{1}{n}\Sigma(y-y)^2}} = \frac{\rho_{xy}}{\sigma_x\sigma_y}$$ ஆகும்.

இதை $r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-y)}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2\ \sum(y-y)^2}}$ என்றும் குறிக்கலாம்.

பியர்சன் ஒட்டுறவுக் கெழுவின் மற்றொரு வாய்பாடு

$$r = \frac{\frac{\sum xy}{N} - \bar{x}\,y}{\sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N} - \bar{x}^2\ \ \frac{\sum y^2}{N} - y^2}}$$ ஆகும்.

ஒட்டுறவுக் கெழுவின் பயன்கள். கல்வி, உளவியல் துறை, வணிகத் துறை, போன்றவற்றில் ஒட்டுறவுக் கெழுவின் பயன் மிகுந்துள்ளது. அறிவுத்திறன், கல்வித்தேர்ச்சி, பயிலும் முறைகள், குடிப்பிறப்பு, பழக்க வழக்கங்கள் போன்ற பண்புகளிடையே உள்ள உறவை அறியவும், விளம்பரச் செலவு, விற்பனை அளவு, பொருள்களின் உற்பத்தித்திறன், தொழிலாளரின் சிறப்புப் பயிற்சி, வயது, உடல், மனநிலை ஆகிய வற்றை ஆராயவும், வேலையின்மை, வறுமை, பொருளாதார உயர்வு, தாழ்வு போன்றவற்றின் தொடர்பைக் காணவும் ஒட்டுறவுக் கெழு பயன் படுகிறது.

தர ஒட்டுறவு. இரு மாறிகளின் மதிப்புகளுக் கிடையே ஒட்டுறவைக் காண்பதற்குப் பதிலாக, அவற்றின் தரவரிசைகளுக்கு (rank order) இடையே யுள்ள ஒட்டுறவைக் காணலாம், அறிவு, நினைவுத் திறன், அழகு, சுறுசுறுப்புப் போன்ற பண்புகளுக் கிடையே உறவைக் காண முற்படும்போது அவற்றை அளக்க இயலாவிடினும், பண்பின் தன்மைக்கேற்ப வரிசைப்படுத்தி, தரங்களுக்கிடையே ஒட்டுறவைக

(rank correlation) காண முடியும். மாறியின் மதிப்புகளை ஏறு வரிசையிலோ இறங்கு வரிசையிலோ வரிசைப்படுத்த வேண்டும். அதாவது இரண்டு மாறிகளும் ஏறு வரிசையிலிருக்க வேண்டும் அல்லது இறங்கு வரிசையிலிருக்கவேண்டும். இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உறுப்புகள் ஒரே மதிப்பைப் பெற்றிருந்தால், அவற்றிற்குரிய வரிசை எண்களின் கூட்டுச் சராசரியை, எல்லாவற்றின் வரிசை எண்களாகக் கொள்ளவேண்டும். x,y என்ற இரு மாறிகளின் மதிப்புகளைத் தரப்படுத்திய பட்டியலிலிருந்து, பின்வருவனவற்றைக் குறிக்கவேண்டும்.

$$\bar{x} = \frac{n+1}{2} \; ; \; y = \frac{n+1}{2}$$

$$s_x^{*} = \frac{(n+1)\ (2n+1)}{6} \; ; \; \sigma_x^2 = \frac{n^2-1}{12} ; \; \sigma_y^2 = \frac{n^2-1}{12}$$

$$r = \frac{\sigma x^2 + \sigma y^2 - \sigma^2\ (x-y)}{2\sigma x\ \sigma y}$$ என்ற வாய்பாட்டில் மேற்கண்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட

$$\rho = 1 - \frac{6\Sigma\ (x-y)^2}{n(n^2-1)}$$ எனக்கிடைக்கும்.

$x-y = d$ எனக்கொண்டால்

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$ என்ற வாய்பாடு

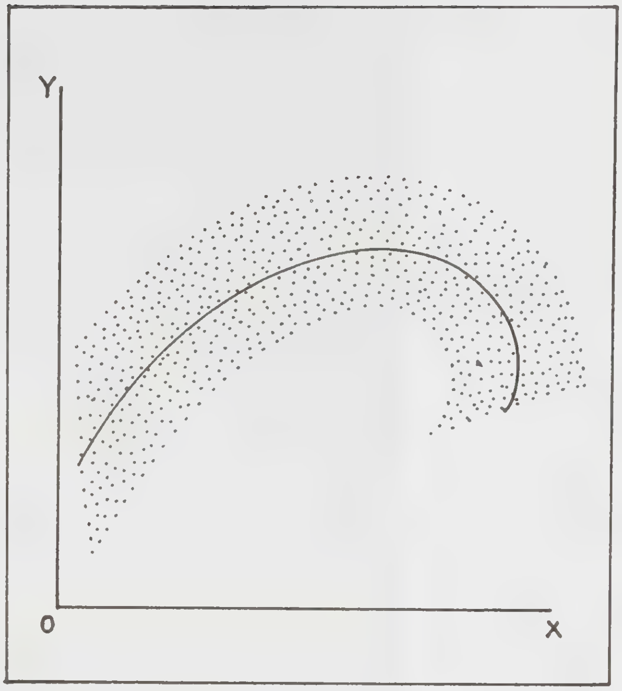
கிடைக்கும். இது ஸ்பியர்மெனின் வரிசை ஒட்டுறவுக் கெழு (Spearman's rank correlation coefficient) வாய்பாடாகும்.

ஒட்டுறவு விகிதம். ஒட்டுறவுடைய இரு மாறிகளின் மதிப்புகள் அமைந்த சிதறல் விளக்கப்படத்திலுள்ள புள்ளிகளுக்கு மிகப்பொருத்தமுடைய வரையாக, சில நேரம் நேர்கோடு அமையாமல் புள்ளிகள் ஒரு வளைவரையைச் சுற்றி அமையலாம்.

இந்நிலையில் அவற்றின் இடையுறவைக் கணக்கிட உதவுவது ஒட்டுறவு விகிதம் (correlation ratio) ஆகும். x ஐச் சார்ந்த y இன் ஒட்டுறவு விகிதத்தை η_{yx} என்றும் y ஐச் சார்ந்த x இன் ஒட்டுறவு விகிதத்தை η_{xy} என்றும் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

$$\eta_{xy} = \frac{\sigma_m x}{\sigma_x} \; ; \; \eta_{yx} = \frac{\sigma_m y}{\sigma_y}$$

$\sigma_m x$, $\sigma_m y$ பொதுச் சராசரி $\bar{x}$, y களிலிருந்து அந்த வரிசையின் நிகழ்வெண்களை f(y), f(x) எடையாகக் கொண்டு கணக்கிடப் படுகிற திட்ட விளக்கங்களாகும். η_{xy}, η_{yx} இரண்டும் எப்போதுமே நேர்குறி உடையவையாகும்.



படம் 5.

நிர்ணயக்கெழு. இரு மாறிகளின் நிர்ணயக்கெழு (coefficient of determination) என்பது அவற்றின் ஒட்டுறவுக் கெழுவின் வர்க்கமாகும். ஒட்டுறவுக் கெழு r என்றால் நிர்ணயக்கெழு r^2 ஆகும்.

- எம். சங்கரநாராயண பிள்ளை
- எஸ். எஸ். நாராயணசாமி

ஒட்டுறவுக்கெழு

காண்க: ஒட்டுறவு

ஒட்டைச்சிவிங்கி

ஜிராஃபிடே (giraffidae) என்னும் ஒட்டைச்சிவிங்கிக் குடும்பத்தில் தற்காலத்தில் இரு பொதுவினங்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு பொதுவினத்திலும் ஒரு சிறப்பினம் உள்ளது. இவை ஆப்பிரிக்காவில் சகாரா பாலைவனத்தின் தெற்குப் பகுதிகளில் மட்டுமே வாழ்கின்றன. இவற்றின் உடல் நீளம் பொதுவாக 2.5 -5மீ. உயரம் 1.8-5.8 மீ. இவை சிறிய, நீண்ட தலையும் குறுகிய முகவாயும் பெற்றுள்ளன. மேலுதடு

ஒக்காப்பி

அசையக்கூடியது. கீழுதடு மயிரடர்ந்துள்ளது. நீண்ட மூக்குத்துளைகளை மூடிக்கொள்ளும் உறுப்பு உள்ளது. நடுத்தர அல்லது பெரிய அளவுள்ள கண்களும், நீள மான இமை மயிர்களும் உண்டு. நெற்றியிலும் மண்டை உச்சியிலும் தோலால் மூடப்பட்ட எலும்பு நீட்சிகள் உள்ளன. இவற்றின் நீண்ட நாக்கு இலை களைப் பிடித்து உண்பதற்கேற்றவாறு உள்ளது.

காட்டு ஒட்டைச்சிவிங்கி அல்லது ஒக்காப்பிகளின் (okapi) கழுத்தும் நடுத்தர நீளமுடைய ஒட்டைச் சிவிங்கிகளின் கழுத்தும் கால்களும் நீண்டவை; முன் கால்கள், பின்கால்களைவிடச் சற்று நீளமானவை. அதனால் முதுகு, முன்னிருந்து பின்னோக்கிச் சரிவாக இருக்கும். வாலின் நுனியில் ஒரு மயிர்க்குஞ்சம் காணப்படும். குளம்புகள் அகலமாகவும் விரல்களில் சற்றே ஆழப்பொதிந்தும் உள்ளன. உடல்தோல் தடித்து உள்ளது; தோலில் மயிர் காணப்படுகின்றது. இளம் ஒக்காபிகளிலும், ஒட்டைச்சிவிங்கிகளிலும் பிடரி மயிர் காணப்படுகிறது. தொடைக்கும்

பிட்டத்துக்குமிடையில் தசை வளர்ச்சி இல்லை. ஒக்காப்பிகளில் மட்டுமே விரலிடைச்சுரப்பிகள் காணப்படுகின்றன; தோலில் வேறு சுரப்பிகள் இல்லை. பெண் விலங்குகளில் 2-4 முலைக்காம்புகள் உள்ளன. 32 பற்கள், 0/3 0/1 3/3 3/3 என்ற வாய் பாடில் அமைந்துள்ளன. ஒக்காப்பிகளில் பித்தநீர்ப்பை இல்லை. எல்லாவற்றிற்கும் குடல்வால் உண்டு. இரண்டு உள்குடும்பங்களில் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு சிறப்பினம் உள்ளது. உலகில் வாழும் விலங்கினங்களில் ஒட்டைச்சிவிங்கிகளே மிக உயரமானவை.

ஒக்காப்பி அல்லது காட்டு ஒட்டைச்சிவிங்கி ஒக்காப்பியா ஜான்ஸ்ட்டோனி (okapia johnstoni) ஒக்காப்பினே உள் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த ஒரே ஒரு சிறப்பினம். உடல் நீளம் 2.10மீ, உயரம் 1.5-7மீ., எடை 250 கி.கி., கழுத்து ஓரளவு நீள மானது. முதுகு முன்னிருந்து பின்னோக்கி ஓரளவு சரிவாக இருக்கும். ஆண் ஒக்காப்பியில் இரண்டு கொம்புகள் உள்ளன. பெண் விலங்கிற்குக் கொம்புகள் இல்லை. கொம்புகளின் முனைகள் தோலால் மூடப் பட்டிருப்பதில்லை அல்லது அங்கு காணப்படும் சிறிய

ஒட்டைச்சிவிங்கி

தோல்பகுதி அடிக்கடி உதிர்ந்து புதிதாக உண்டாகும். பெரிய காதும் நடுத்தர அளவுக் கண்களும் உள்ளன. கருவளர் காலம் 14-15 மாதங்கள் ஆகும். பெண் ஒக்காப்பி, தன் குட்டிகளுக்கு 6 மாதங்கள் வரை பாலூட்டும். ஒக்காப்பியில் உள்ளினங்கள் இல்லை.

1890ஆம் ஆண்டுவாக்கில் ஹென்றி ஸ்ட்டான்லி என்பார் அடர்ந்த காங்கோ காடுகளில் முதன் முதலில் ஒக்காப்பியைக் கண்டார். அடுத்துப் பல முயற்சி களுக்குப் பின்னர் 1918 இல் முதன் முதலில் ஓர் உயிருள்ள ஒக்காப்பி பிடிக்கப்பட்டு விலங்குக் காட்சிச் சாலைக்கு அனுப்பப்பட்டது; ஆனால் அது விரைவில் இறந்துவிட்டது. பின்னர் பிடிப்பட்டவையில் பெரும் பாலான ஒக்காப்பிகள் பயணத்தின்போதே இறந்து விட்டன. தற்போது 'விமானங்கள் மூலம் அவற்றை ஏற்றிச் செல்வது எளிதாகி விட்டது. ஆப்பிரிக்காவில் வாழும் ஒக்காப்பிகளின் எண்ணிக்கை சரியாகத் தெரியவில்லை. காடுகளில் குழிகள் வெட்டப்பட்டு அவை சருகுகளால் மூடப்படுகின்றன; குழிகளில் தவறி விழுந்து விடும் ஒக்காப்பிகள் பிடிக்கப்படு கின்றன.

காடுகளிலுள்ள ஏறத்தாழ முப்பதுவகை மரங் களின் இலைகளை ஒக்காப்பிகள் உண்கின்றன. மின்ன லின் தாக்குதலால் கருகியமரங்களின் கரித்துண்டுகள், நீர்நிலைகளுக்கு அருகில் காணப்படும் களிமண், மலக் கழிவு ஆகியவற்றையும் உட்கொள்கின்றன. விலங்குக் காட்சிச் சாலைகளிலுள்ள ஒக்காப்பிகள் ட்டிரிப்பன் சோமோ, குடல்வாழ் புழுக்கள் போன்ற பல ஒட்டுண் ணிகளால் பெரிதும் தாக்கமுறுகின்றன. இனப்பெருக் கக் காலங்களைத் தவிர மற்ற காலங்களில் ஒக்காப்பி கள் தனித்து வாழ்கின்றன.

ஒட்டைச்சிவிங்கி. ஜிராஃப்பா கேமெலோப்பார்டா லிஸ் (*Giraffa Camelopardalis*). ஜிராஃபினே குடும் பத்தில் அடங்கும் ஒரே ஒரு சிறப்பினமாகும். இதன் உடல் நீளம், 3-4 மீ, உயரம் 2.7-3.3, மீ. கழுத்தையும் சேர்த்து 4.5-5.8மீ. உயரமிருக்கும். எடை 500-750 கி.கி. ஆண் பெண் ஆகிய இரு இன விலங்குகளிலும் 2-5 கொம்புகள் உள்ளன. கொம்புகளின் நுனிப்பகுதி தோலால் மூடப்பட்டுள்ளது. குறுகிய, குட்டையான காதுகளில் நுனிப்பகுதி கூர்மையாக இருக்கும். கண்கள் பெரியவை, கருவளர் காலம் 420-468 நாள்கள், தாய், குட்டிகளுக்குப் பத்துமாதங்கள் வரை பால் கொடுக்கும். குட்டிகள் மூன்று வயதில் இனமுதிர்ச்சி யடைகின்றன. ஒட்டைச்சிவிங்கிகள் பொதுவாக 20-30 ஆண்டுகள் வாழும்.

எட்டு ஒட்டைச்சிவிங்கி உள்ளினங்கள் உள்ளன. அவையாவன: நூபிய ஒட்டைச்சிவிங்கிகள் (Nubian giraffe *Giraffa Camelopurdus camelo pardus*): இவை தென்கிழக்கு நுபியாவிலும் மேற்கு, தெற்கு எத்தியோப்பியாவிலும்வாழ்கின்றன. கோர்டோஃபன் ஒட்டைச்சிவிங்கி (Kordofan giraffe, *G.C.antiquorun*) சாட்ஒட்டைச்சிவிங்கி (Chad giraffe, *G. C. Peralta*). வலைப்பின்னல் ஒட்டைச்சிவிங்கி (Reticulated giraffe, *G. C. relicutata*). உகாண்டா ஒட்டைச்சிவிங்கி (Uganda giraffe, *G. C, rothschildi*) மாசாய் ஒட்டைச்சிவிங்கி (*Masai giraffe G. C, tippelskirchi*) அங்கோலா ஒட்டைச்சிவிங்கி (Angola giraffe *G. C. angolensis*). கேப் ஒட்டைச்சிவிங்கி (Cape giraffe, *G.C. giraffe*).

இவையனைத்தும் முன்பு தனித்தனிச் சிறப் பினங்களாகக் கருதப்பட்டன. ஆனால் இவ்வினங் களுக்குள் இனச்சேர்க்கை நடைபெற்று நலமுடைய குட்டிகள் பிறப்பதால் இவையனைத்தும் ஒரே சிறப்பினத்தைச் சேர்ந்த உள்ளினங்கள் எனக் கொள்ளப்பட்டன. ஒரே மந்தையில் வெளிர் நிற முடைய விலங்குகளும் அடர்ந்த நிறமுடைய விலங்கு களும் உள்ளன; நிறமற்ற வெண்ணிற ஒட்டைச் சிவிங்கிகளும் காணப்படுகின்றன. பாலைப்புல்வெளி களில் வாழும் ஏனைய விலங்குகளைப்போன்று ஒட்டைச்சிவிங்கிகளும் மந்தைகளாக இரலைமான், நெருப்புக்கோழி, வரிக்குதிரை ஆகியவற்றுடன் மேய் கின்றன.

ஒட்டைச்சிவிங்கிகள் நல்ல பார்வைத்திறன் பெற்றுள்ளன. அவை சிங்கம் போன்ற எதிரிகளைக் கூட முன் கால்களால் பலமாக உதைத்துத் தாக்குகின்றன. ஒட்டைச் சிவிங்கிகளைப் பிடிக்கும் போது அவற்றை மிகுதொலைவு விரட்டிச்சென்றால் அவை மாரடைப்பால் இறந்துவிடுவது உண்டு. முழு வளர்ச்சியடைந்த ஒட்டைச்சிவிங்கிகளைக் கொண்டு செல்வது கடினமாக இருப்பதால் நடுத்தர வளர்ச் சியடைந்தவை மட்டுமே பிடிக்கப்படுகின்றன.

ஒட்டைச் சிவிங்கிகள் தங்கள் இயல்பான வாழிடங்களில் புற்களை மிகுதியாகஉண்பது இல்லை. ஏனெனில் நீண்ட முன் கால்களையுடைய இவை குனிந்து தரையில் உள்ள புல்லைத் தின்பது கடின மான செயலாகும். ஆகையால் உயர்ந்த மரங் களிலுள்ள இலைகளையே இவை மிகுதியாக உண்கின்றன. அதற்கேற்றவாறு இவற்றின் நாக்கும் நீளமானது. நீண்ட கால்களையும் நீளமான கழுத் தையும் பெற்றுள்ள இவ்விலங்குகள் எவ்வாறு ஓய் வெடுக்கின்றன, தூங்குகின்றன என்பவை தெளி வாகாமலேயே இருந்தன. ஆனால் ஒட்டைச்சிவிங்கி கள் மிகவும் குறைந்த நேரமே தூங்குகின்றன; அதிலும் இவை ஆழ்ந்த தூக்கத்திலிருக்கும் நேரம் சில நிமிடங்களே ஆகும். அப்போது இவை முன் கால்களும் ஒரு பின் காலும் உடலுக்கு அடியில் இருக்குமாறு சாய்ந்து படுத்து, மற்றொரு காலை உடலின் பக்கவாட்டில் நீட்டிக்கொள்கின்றன. கழுத்தை வளைத்துத் தலை, தரையில் படும்படி வைத்துக் கொள்கின்றன.

ஒட்டைச்சிவிங்கி கழுத்தை நீட்டி மர உச்சியிலுள்ள இலைகளைப் பறிக்கும்போது கழுத்து நீள்வதால் ஏறத்தாழ ஏழு மீட்டர் உயரத்துக்கு இரத்தம், இரத்தக்குழாயில் இருக்கும். அப்போது மூளையிலும் இதயத்திலும் நிலவும் இரத்த அழுத்த வேறுபாட்டைச் சமப்படுத்தும் பொருட்டு, இதயம் மிக விரைவாக இயங்க வேண்டியிருக்கும். ஒட்டைச் சிவிங்கி தலையைத் தரையை நோக்கித் தாழ்த்தி மீண்டும் உயர்த்தும்போது இரு நிலைகளிலும் மூளையின் இரத்த அழுத்தம் பெருமளவு வேறுபடுகிறது. இதுபோன்ற நிலைகளில் மனிதர்கள் தம் நினைவற்று மயக்கமடைய நேரிடும். ஒட்டைச் சிவிங்கியின் உடல் இதை எவ்வாறு தாங்கிக் கொள்கிறது என்பதும் புலனாகாமலேயே இருந்தது. கழுத்திலுள்ள நீண்ட தமனி, இதுபோன்ற நேரங்களில் வால்வுகளால் இரத்தம் பாய்வதைத் தடுத்து இரத்த அழுத்தத்தைத் தக்க நிலையில் வைத்து, மூளையின் இரத்த அழுத்த நிலையைச் சீராக வைக்க உதவுகிறது என்று கருதப்படுகிறது.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஒடிநட்சத்திர மீன்

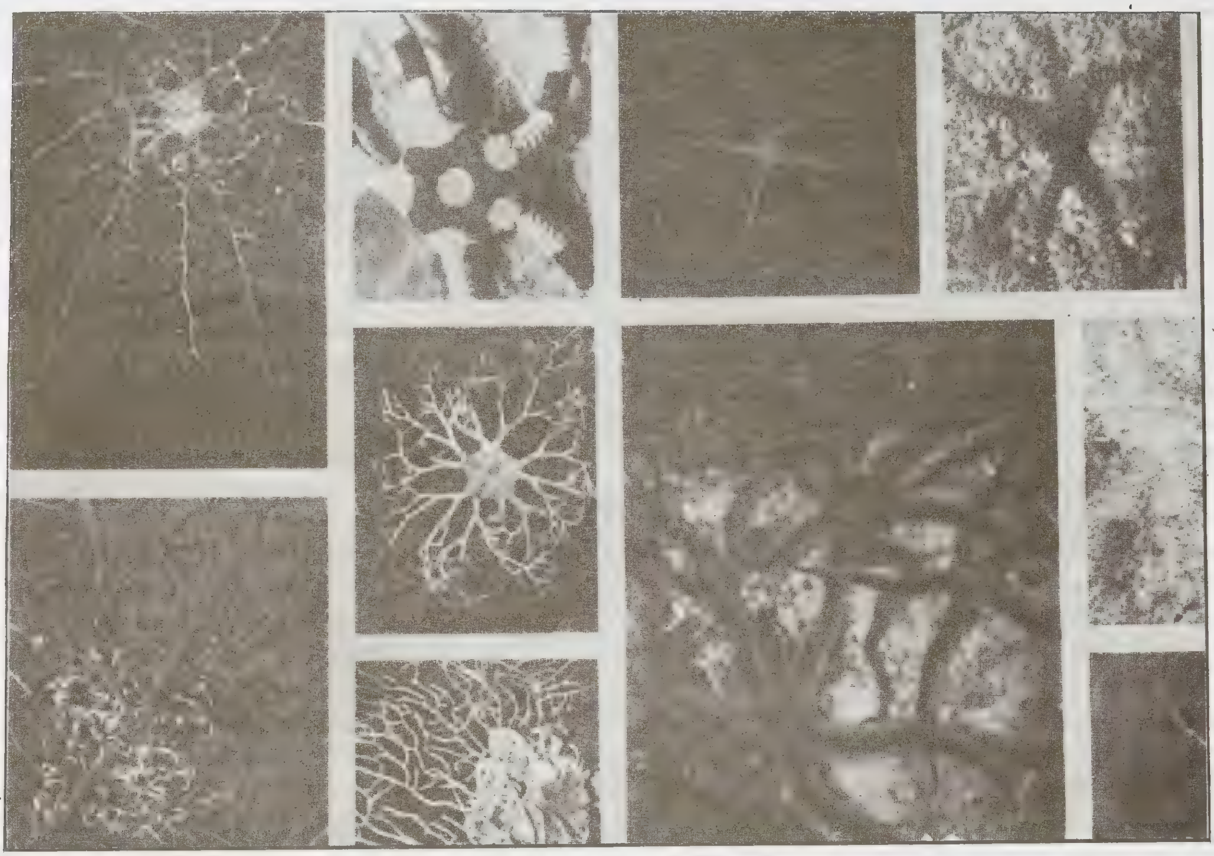
கடல்வாழ் முள்தோலிகளான ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் புறத்தோலில், முள்களையும் புறப்புடைப்புகளையும் கொண்டவை. 51 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால், கேம்பிரியக் காலக்கட்டத்தில் தோன்றிய முள் தோலிகள் அவை தோன்றிய காலந்தொட்டு இன்று வரை கடலிலேயே வாழ்ந்து வருகின்றன. ஒடி நட்சத்திர மீன்கள் (brittle stars) பகலில் கற்கள், மெல்லுடலிகளின் ஓடுகள், கடற்புல் இவற்றின் அடியில் மறைந்திருந்து இரவில் வெளிவருகின்றன. சில ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் ஒளிரும் தன்மையுடையனவாக விளங்குகின்றன. மஞ்சள் அல்லது மஞ்சள் பச்சை ஒளிர்வுகள் பக்கத்திலிருந்து வெளிப்படும். உடற்பகுதிகளில் அமைந்துள்ள பெரிய சுரப்பிகளே ஒளிர்தலுக்குக் காரணம் எனக் கருதுகின்றனர். ஒடி நட்சத்திரங்கள் தசையால் நீரை வெட்டிச் செல்லும் பண்புடையவை. சில ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் நீரில் நீந்தும் பழக்கத்தையும், சில மண்பகுதியில் வளை தோண்டும் பழக்கத்தையும் கொண்டுள்ளன. இவை தாழ் ஓதப்பகுதி முதல் ஏறத்தாழ 400மீ தொலைவு ஆழம் வரையிலுள்ள பகுதிகளில் வாழ்கின்றன.

ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் அளவில் சிறியவை. உடம்பின் மையப் பகுதி தட்டையான வட்ட வடிவிலமைந்த நடுவட்டு என்ற பகுதியுடனும் இதிலிருந்து ஆரவாக்கில் நீளமான ஐந்து கைகளுடனும் அமைந்துள்ளது. கைகள் கணுக்களைக் கொண்டுள்ளன. நடுவட்டின் கீழ்ப்புறத்தில் வாய்ப்பகுதி அமைந்துள்ளது.

கைகளின் வெளிப்புறம் கவசத்தாலும் உட்பகுதி எலும்புத்தகடுகளாலும் ஆனவை. நீண்டு ஒடுங்கிய கைகள் அமைப்பிலும் அசைவிலும் பாம்பை ஒத்துள்ளமையால் ஒடிநட்சத்திரங்கள் சிலவற்றுக்குப் பாம்பு நட்சத்திர மீன்கள் என்ற பெயரும் உண்டு. கைகளின் பக்கவாட்டிலுள்ள கவசத்தகடுகளில் முள்கள் காணப்படுகின்றன. சில இனங்களில் இவை நச்சுடையவையாக அமைந்துள்ளன. கைகளின் அடிப்பகுதியில் இயக்க வரிப்பள்ளம் (ambulacral groove) காணப்படுவதில்லை. ஒடி நட்சத்திரங்களுடன் நெருங்கிய உறவுடைய நட்சத்திர மீன்களில் இவை காணப்படுகின்றன. கைகளின் பக்கவாட்டிலுள்ள கவசத் தகட்டிற்கும் கையின் நேர்கீழ்ப் பகுதியிலுள்ள கவசத்தகட்டிற்கும் நடுப்புறமாகக் குழாய்க்கால்கள் காணப்படுகின்றன. குழாய்க்கால்கள் சிறியனவாகவும் பற்றிழை (tentacles) போலவும் அமைந்துள்ளன

வாய்ப்பகுதியைச் சுற்றி ஐந்து தாடைகள் கீழ் நோக்கி அமைந்துள்ளன. ஒவ்வொரு தாடையின் ஓரப்பகுதியிலும் பற்கள் போன்ற தகடுகள் காணப்படுகின்றன. மேட்ரிபொரைட் என்ற நுண்துளைச்சில் நட்சத்திரமீன், கடல் முள்ளெலி இவற்றில் அமைந்துள்ளது போலல்லாது வாய்ப்புறத்தில் அமைந்துள்ளது. கைகள், நடுவட்டின் வாய்ப்புறத்தின் தாடைப்பகுதி வரை விரிவடைந்துள்ளன. உடல் சுவரின் வெளிப்புறத்தில் குற்றிழைகள் (cilia) காணப்படுவதில்லை. ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் இரண்டு கைகளை முன்னும் பின்னும் வைத்துக் கொண்டு நடுவட்டையும் மற்ற கைகளையும் உயர்த்திப் பக்கவாட்டில் திரும்புகின்றன. கடற்பூண்டுகளிலும், பாறைகளிலும் ஏறும்போது வளைந்து அசையும் தன்மையுடைய கைகளால் அவற்றைச் சுற்றி ஏறுகின்றன. ஊர்ந்து செல்லும்போது ஏற்படுகிற அதே அசைவுகளைக் கொண்டு நீரில் நீந்திச் செல்கின்றன.

ஒடிநட்சத்திரமீன்களில் காணப்படும் நீர்க்குழாய் மண்டலம் ஏனைய முள்தோலிகளில் உள்ளவாறே காணப்படுகின்றது. நுண்துளைச்சில் வாய்ப்புறப்பகுதியில் காணப்படுவதால் கல் கால்வாய் (stone canal) மேல்நோக்கிச் சென்று தாடையில் மேலேயுள்ள பகுதியில் அமைந்துள்ள வளையக் கால்வாயில் (ring canal) சேர்கிறது. இந்த நீர்வளையம் நான்கு போலியன் சிறு சவ்வுப்பைகளைக் (polion vesicle) கொண்டுள்ளது. இந்த நீர்வளையத்திலிருந்து ஆரக் கால்வாய்கள் (redial canals) கைக்கு ஒன்று வீதம் செல்கின்றன. ஆரக்கால்வாயிலிருக்கும் பக்கக் கிளைக் கால்வாய்கள் (lateral canal) பிரிந்து ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் குழாய்க் கால்களில் (podia) முடிவுறுகின்றன. கைகளின் நுனிப்பகுதியில் ஆரக்கால்வாய் பற்றிழையில் (tentacle) முடிவடைகிறது.



ஒடி நட்சத்திர மீன்

ஒடிநட்சத்திர மீன்கள் நீர்த்தளத்தில் காணப்படும் சிதறு துணுக்குகள், மட்கிய பொருள்கள், இறந்த அல்லது உயிருள்ள சிறிய விலங்குகள் போன்றவற்றை உட்கொள்ளுகின்றன. நுண்ணிய உணவுத்துகள்களைக் குழாய்க் கால்களும் பெரிய துகள்களைக் கைகளும் வாய்ப்பகுதி நோக்கி அனுப்பி வைக்கின்றன. உணவுப் பொருள்கள் வடிகட்டி உட்கொளல் முறையிலோ, மேய்தல்முறையிலோ, அழுகிய பொருள்களைத் தின்று வாழ்தல் முறையிலோ உட்கொளப்படுகின்றன.

உடம்பின் உட்பக்கமாகக்காணப்படும் சுரப்பிப்பை போன்றவற்றால் மூச்சு விடுதல் நடைபெறுகிறது. குற்றிழைகள் அசைவால் ஏற்படும் நீரோட்டம் வெளிப்புறச் சுவரில் அமைந்துள்ள சிறுகுழாய் போன்ற பகுதியின் வழியாக உட்சென்று மூச்சுக்காற்றைக் கொடுக்கிறது. நடுவட்டின் அசைவும் மூச்சு விடுவதில் துணை புரிகின்றது. உடம்பின் மேல்தோலில் காணப்படும் உணர்வுச் செல்களே உணர்வு உறுப்புகளாகச் செயல்படுகின்றன. ஒடிநட்சத்திரங்கள் ஒளியை விட்டு அகன்று செல்லும் பண்புடையனவாகும். உணவுத் துண்டுகளைத் தொடாமலேயே அவை அருகில் இருப்பதை உணர்ந்து கொள்ளும் அளவுக்கு இவற்றில் வேதி உணர்விகள் காணப்படுகின்றன. இவை பகை விலங்குகளின் பிடியிலிருந்து தம்மை விடுவித்துக்கொள்ளக் கைகளை ஒடிந்து போக விட்டு விட்டுத் தப்பித்துக் கொள்ளும் தன்மையும், இழந்த பகுதியை மீண்டும் வளர்த்துக் கொள்ளும் பண்பும் கொண்டனவாகும்.

ஒரு சிலஒடிநட்சத்திரமீன்களின் உடல் பிளவுபட்டுப் பாலிலி இனப்பெருக்கம் (asexual reproduction) நடைபெறும். முதலில் நடுவட்டு இரண்டாகப் பிரிகிறது. ஒவ்வொன்றிலும் தாக்கமடைந்த பகுதி இழப்பு மீட்டல் முறையில் சீராக்கப்படத் தனித்தனி ஒடிநட்சத்திரங்களாக வாழத் தொடங்குகின்றன. ஒடிநட்சத்திரங்களில் ஆண், பெண் தனித்தனியே காணப்படுகின்றன. இவற்றை வெளிப்புறத் தோற்றத்தால் இனங்கண்டு கொள்ள இயலாது. சில ஒடி நட்சத்திரங்கள் முதலில் ஆண்களாகவும் பின்னர் பெண்களாகவும் வாழ்ந்து மடிகின்றன. இந்தப் பண்புடையனவற்றுக்கு முன் ஆண் இன இருபாலி (protandric hermaphrodite) என்று பெயர். பருவமடைந்தபின் இனச் செல்கள் வெளியேறக் கடல்நீரில்

இவை கருத்தரிக்கின்றன. வளர்ச்சிக் காலத்தில் ஓஃபியோபுளுட்டியஸ் என்ற இளவுயிரி நிலை காணப்படுகிறது.

இரண்டாயிரம் வகை ஒடிநட்சத்திரங்கள் வாழ்ந்து வருவதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். ஓஃபியோ போலிஸ், ஓஃபியாக்டிஸ், ஓஃபியோத்திரிக்ஸ், ஓஃபி யோ டெர்மா, ஓஃபியோகோமா, ஓஃபியோலெபிஸ் போன்றவை இவற்றுள் குறிப்பிடத்தக்கவை.

- சி. குமாரப்பிள்ளை

ஒடுக்கல் (இயற்பியல்)

அனைத்துவித அலைவுகளிலும் அதிர்வுகளிலும் ஏற்படும் வீச்சுச் சிதைவு (amplitude decay) ஒடுக்கல் (damping) எனப்படும். எவ்விதத் தடையுமின்றி ஓர் ஊடகத்தில் அலைவுறும் அமைப்பு தனித்த அலைவு (free oscillation) கொண்டது எனலாம். இவ்வலைவு களால் ஊடகத்தில் t காலத்தில் ஏற்படும் இடப் பெயர்ச்சியை,

y = a Sin wt ... *(1)* என்னும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம். இங்கு a என்பது அலைவின் வீச்சை யும் w என்பது அதன் கோணத்திசை வேகத்தையும் குறிக்கும். இதை,

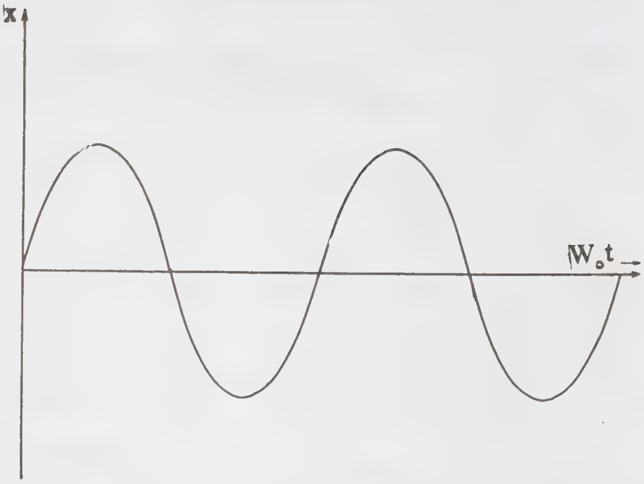
$$\frac{d^2y}{dt^2} + w^2y = 0 \quad ...... (2)$$ என்னும் பகுவியல் சமன்பாட்டால் (differential equation) குறிப்பிட லாம்.

பொதுவாக m நிறையும் s விறைப்பும் கொண்ட ஒடுக்கலற்ற ஓர் அமைப்பின் கோண அதிர்வெண்ணை

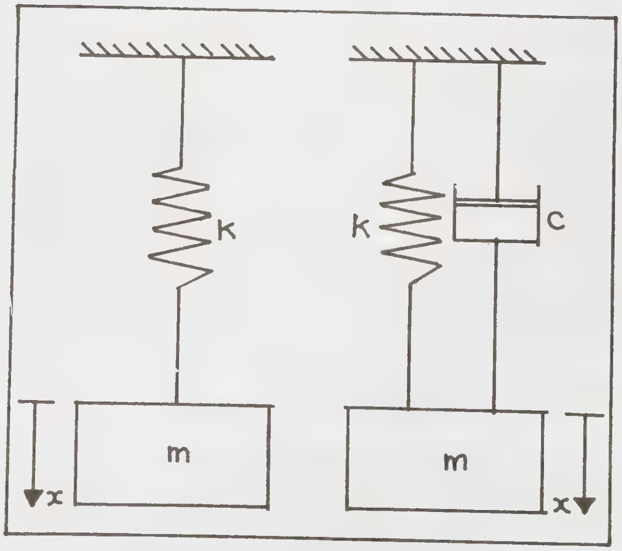
$$w_o = \frac{s}{m}^{\frac{1}{2}}$$ என்றும் குறிக்கலாம்.

எந்தவோர் ஊடகத்திலும் தடையின்றி அலை பரவுதல் என்பது உண்மையன்று. தவிர்க்க இயலாத உராய்வுவிசை காற்றுத்தடை போன்றவற்றால் ஒவ்வோர் அதிர்வுறும் அமைப்பும் பாதிக்கப்பட்டு, அதனால் வீச்சு நிலையாக நில்லாமல் சிறிதுசிறிதாகக் குறைந்து இறுதியில் சுழியாவதால் அதிர்வு நின்று விடுகிறது. இத்தகைய வீச்சுச் சிதைவு கொண்ட அலைவுகள் தடையுறு அலைவுகள் அல்லது ஒடுக்கல் அலைவுகள் (damped oscillations) எனப்படும்.

இசைக்கவை (tuning fork), தனி ஊசல் (simple pendulum) போன்றவற்றை அதிர்வுறச் செய்தால், அவ்வமைப்புகள் தொடர்ந்து அலைவுறுவதில்லை. அமைப்பின் வீச்சு ஒடுக்கலுற்றுச் சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து இறுதியில் அதிர்வு நின்று விடுகிறது.



படம் 1. ஒடுக்கப்படா அதிர்வு



படம் 2. 3. ஒடுக்கப்பட்ட அதிர்வு

இவ்வாறு, அதிர்வுறும் அமைப்பு எதிர்ப்பு விசைக்கு உட்படுத்தப்பட்டு அதனால் ஆற்றல் இழப்பும் வீச்சுச் சிதைவும் ஏற்படுகிறது. அமைப்பை அதிர்வுறச் செய்ய அளிக்கப்படும் ஆற்றல் எதிர்ப்பு விசையை எதிர்த்துச் செய்யப்படும் வேலைக்குப் பயன்படுகிறது. அலைவுகள் குறைவாக இருக்கும்போது, எதிர்ப்பு விசை அதிர்வுறும் பொருளின் திசை வேகத்திற்கு நேர்விகி தத்தில் அமையும்; எதிர்த் திசையில் செயல்படும் இவ்விசைக்கும் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள விகிதம் எந்திரவியல் தடை (mechanical resistance) எனப் படும். இது, அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணில் மாற்றம்

ஏற்படுத்துதல், அலைவுகளைத் தேய்வு அடையச் செய்தல் ஆகிய இரு முக்கிய விளைவுகள் தோன்றக் காரணமாக அமைகிறது.

ஓர் ஒடுக்கல் சீரிசை இயக்கத்தைப்(damped harmonic motion) பகுவியல் சமன்பாடு (4) எனக் குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2k\frac{dy}{dt} + w^2y = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

இதில் $2k\frac{dy}{dt}$ என்பது எதிர்ப்பு விசையாகும். w^2y என்பது அமைப்பின் மீள்விசை (restoring force) ஆகும். $\frac{dy}{dt}$ என்பது அமைப்பின் திசை வேகத்தையும் $\frac{d^2y}{dt^2}$ என்பது அதன் முடுக்கத்தையும் குறிக்கும் k என்னும் மாறிலி அமைப்பின் ஒடுக்கல் எண் (damping coefficient) எனப்படும்.

சமன்பாடு (4) ஐத் தீர்வு காண்பின்,

$$y = Ae^{(-k+\sqrt{k^2-w^2})t} + Be^{(-k-\sqrt{k^2-w^2})t} \quad \ldots\ldots\ldots 5$$

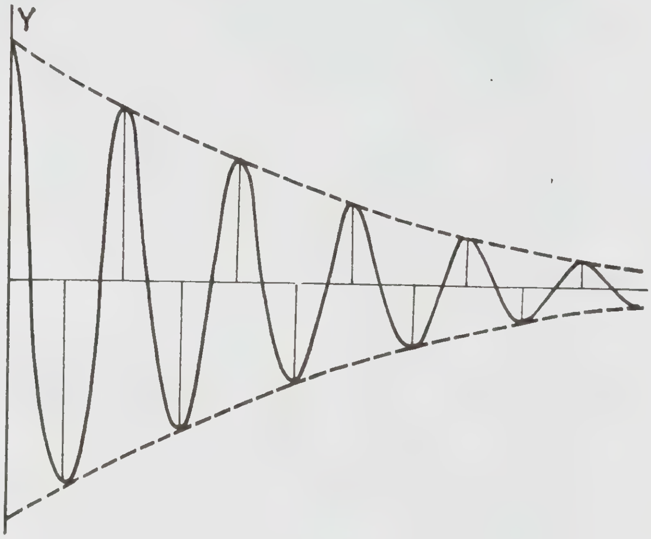
எனக் கிடைக்கும். இங்கு A,B ஆகிய இரண்டும் மாறிலிகள். $K^2>\omega^2$ என்னும் நிலையில் $(K^2-\omega^2)$ என்பதன் மதிப்பு நேர்குறியுடன் அமையும். எனவே இடப்பெயர்ச்சி அடுக்குக்குறிச் சார்பாகக் குறைந்து கொண்டே போகும். இதற்கு மிகை ஒடுக்கம் (over damping) எனப்பெயர். இது சீரிசையற்ற அல்லது துடிப்பற்ற இயக்கம் எனக் குறிப்பிடப்படும். ஒரு பாகியல் பாய்மத்தில் (viscous fluid) இடப்பெயர்ச்சி பெறும் ஒரு பொருள் இத்தன்மை பெற்றிருக்கும். துடிப்பற்ற அசைவுச் சுருள் கால்வனாமீட்டரில் மிகை ஒடுக்கம் ஏற்படுகிறது.

$k^2=w^2$ என்னும் நிலையில், (k^2-w^2) என்பதன் மதிப்புச்சுழியாகும். எனவே $y=(A+B)e^{-kt}$ என்னும் சமன் பெறப்படும். இந்நிலையில் அலைவுகள் மிக விரைவாக அழிகின்றன. இதற்கு மாறுநிலை ஒடுக்கல் (critical damping) எனப் பெயர். அதிர்வுறும் அமைப்பு அதன் இயல் அலைவினின்றும் விடுபட்டுப் புறவிசை அதிர்வுக்கு எளிதில் உட்படுத்தப்படும் தன்மையை அடைகிறது.

$k^2<w^2$ என்னும் நிலையில், (k^2-w^2) என்பதன் மதிப்பு எதிர்க்குறியுடன் அமையும். இந்நிலையில் அமைப்பின் இடப்பெயர்ச்சியை

$$y = Ce^{-kt}\,\text{Sin}\,(\beta t + \phi) \quad \ldots\ldots(6)$$

எனப் பெறலாம். இங்கு ϕ என்பது கட்டம் (phase) ஆகும்; $\beta = (w^2-k^2)$ ஆகும். சமன்பாடு (6) ஒடுக்கல் அலைவுகளின் இயக்கத்தைக் குறிக்கிறது. இவ்வியக்கத்தின் வீச்சு Ce^{-kt} என்பதால், அலைவுகளின் இடப்பெயர்ச்சி படத்தில் உள்ளதுபோல் குறைந்து கொண்டே செல்லும். பொதுவாக,



படம் 4. ஒடுக்கல் அலைவுகள்

ஒடுக்கல், மடக்கை குறைப்பு (logarithmic decrement) என்னும் அளவீட்டால் குறிக்கப்படுகிறது. y_1, y_2, y_3, y_4 ... என்பன முறையே அதிர்வுறும் அமைப்பின் தொடர்ந்த வீச்சுப்பெருமம் (successive maximum amplitudes) எனின்,

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{y_2}{y_3} = \frac{y_3}{y_4} = d$$

எனக் காணலாம். இதில் d என்பது அலையுறும் அமைப்பின் மாறிலி; இதைக் குறைப்பு அல்லது ஒடுக்கல் விகிதம் எனக் கூறுவர். $\log_e d = \lambda$ என்பது மடக்கைக் குறைப்பு ஆகும்.

y- என்பது சரியான வீச்சுப் பெருமத்தைக் குறிப்பிடுகிறது எனக் கொண்டால் $y = y_1(1 + \lambda/_2)$ எனப்பெறலாம்.

- மூ. நா. சீனிவாசன்
- க. வேதகிரி

ஒடுக்கல் (மின் பொறியியல்)

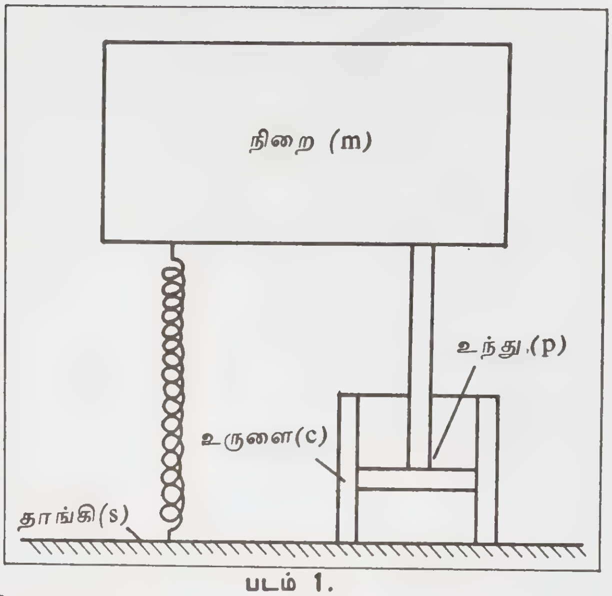
இது பொதுவாக அதிர்வின் ஆற்றலை அல்லது அலைவின் ஆற்றலை அழிக்கும் அல்லது ஒடுக்கும் செயலாகும்.

அதிர்வுகளின் ஒடுக்கம் (vibration damping). ஒரு பொருளின் அதிர்வு ஆற்றலை வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றும் முறை அதிர்வு ஒடுக்கம் எனப்படுகிறது. இசைவு (resonant) நிலைகளில் இந்த அதிர்வு ஒடுக்கம் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. இசைவுப் புள்ளியைத் தாண்டிய அதிர்வு எண்களை உடைய அமைப்பை ஒடுக்கம் செய்வது நல்லதன்று. உயர் அதிர்வெண்களில் இணைக்கப்பட்ட பொருளுக்கும் அதிர்வுதாங்கியின் (vibration isolator) அடிப்பகுதிக்கும் உள்ள இடைவெளி குறையும்போது அதிர்வு தாங்கி மிகத்திறமையுடன் செயல்படுகிறது. ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்படும்போது மீள் ஆற்றல் உடைய பொருளால் செலுத்தப்படும் ஆற்றல் ஒடுக்கத்தின் ஆற்றலை மீற முடியாததாக இருக்கிறது. இது செலுத்தப்பண்பினை (transmissability அதிகரிக்கிறது. அனைத்துச் சுருள்வில்கள் (springs), கட்டகங்களின் உறுப்புகள் (structural members), தாங்கிகள் (bearings) முதலியன ஒடுக்கும் திறனுடையவை. இருப்பினும் இவற்றின் ஒடுக்கல் பண்பு போதுமானதாக இல்லாதபோது சிறப்புப் பொறிகளின் உதவியால் இவற்றின் திறனைப் பெருக்க வேண்டியுள்ளது.

பாகு தன்மை ஒடுக்கல். (viscous damping). பல வகை ஒடுக்கல் கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டுச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றில் எளிதான நன்கு அறியப்பட்டுள்ளவை உந்துகளில் பயன்படுத்தப் படுபவையாகும். இவை இவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள சுருள்வில்லின் எல்லைக்குள் செயல்படுகின்றன. சுருள்வில்லின் ஒடுக்கல் ஒரு மாறிலி எனப்படுகிறது.

m நிறையுள்ள பொருள் b என்ற உந்துடன் இணைக்கப்பட்டு c என்ற உருளையில் உள்ள நீர்மத்தில் செங்குத்தாக நகரும்படி அமைக்கப்பட்டு அவ்வமைப்பு s என்ற தாங்கியில் வைக்கப்பட்டு உள்ளது. உந்து நகரும்போது உருளையில் உள்ள உந்தின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறு பக்கத்திற்குச் செலுத்தப்படுவதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் உந்தின் நகரும் வேகத்திற்கு நேரிடையாக இருக்கிறது. நீர்மத்தின் பாகுநிலைத் தன்மைக்கு ஏற்றவாறும், உந்தில் நீர்மம் நுழைவதற்காக உள்ள சிறு துளையின் அளவிற்கு ஏற்றவாறும் ஒடுக்க ஆற்றல் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வகை ஒடுக்கமே பாகுத் தன்மை ஒடுக்கம் எனப்படுகிறது. இவற்றில் பல குறைபாடுகள் உள்ளன. இவ்வகை ஒடுக்கம் ஒரு பக்கமாக மட்டுமே இயங்குவன.

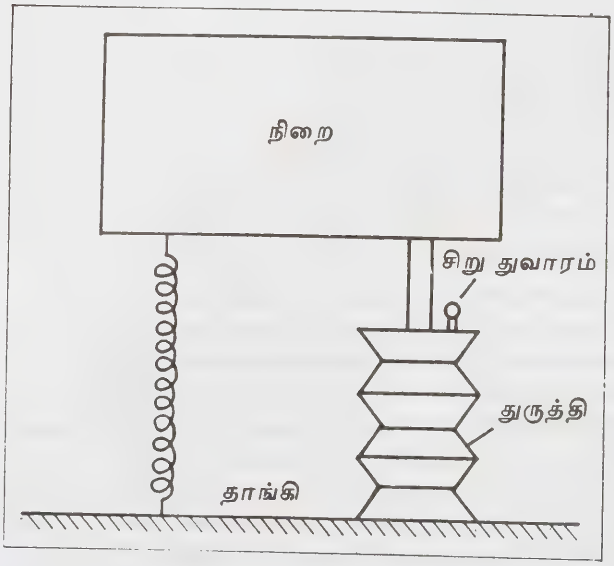
வெப்பநிலைகளின் மாறுதலால் ஒடுக்கல் திறனும் மாறுபடுகிறது. துளை அல்லது உந்திற்கும் உருளைக்கும் உள்ள இடைவெளியில் நீர்மம் செலுத்தக் குறிப்பிட்ட காலம் தேவைப்படுகிறது. உந்து மிக விரைவாக நகர முயன்றால் உருளையின் அடிப்பகுதியில் தட்டுகிறது. பேருந்துகளில் செல்கையில் தெருவில் உள்ள பள்ளங்களில் அப்பேருந்துகள் விழும்



படம் 1.

போது இத்தகைய பட்டறிவு கிடைக்கிறது. சுருள்வில் தரையில் தட்டியதுபோல் தோன்றும். உண்மையில் அது அதிர்ச்சி தாங்கி அல்லது ஒடுக்கல் அமைப்பின் காரணமே ஆகும்.

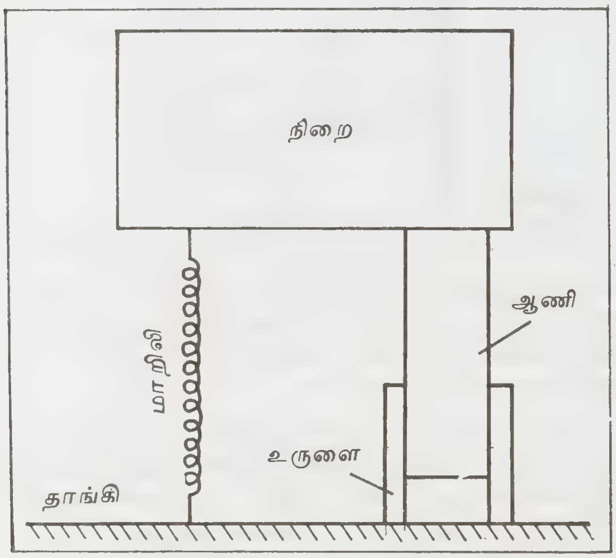
இதில் உள்ள குறைபாடுகளில் சிலவற்றைத் தவிர்க்க நீர்மத்திற்குப் பதில் காற்றை ஒடுக்கல் கருவியில் பயன்படுத்தலாம். காற்று அமுக்கப்படும்திறன் உள்ளதால் உந்து அதிகமாக நகரும்போது, போதுமான மீள் ஆற்றல் திறனை உண்டாக்குகிறது. உருளைப் பகுதிக்குப் பதிலாகத் துருத்தி போன்ற அமைப்புக் கொண்ட வளைவான உருவங்களைப் பயன்படுத்தினால் ஒடுக்கும் திறன் செங்குத்துத் திசையில் மட்டுமன்றிப் பக்கவாட்டிலும் கிடைக்கிறது. இது போன்ற



படம் 2.

ஒடுக்கல் கருவிகள் அதிர்ச்சி தாங்கிகளில் சிறப்புப் பெற்றவையாகக் கருதப்படுகின்றன. உயர் அல்லது குறைந்த வெப்பநிலைகளில் ரப்பர் துருத்தியின் மீள் ஆற்றல் மாற்றம் பெரும் பயனாகக் கருதப்படுகிறது.

உராய்வு ஒடுக்கம் (friction damping). ஓர் உலர்ந்த திண்மப் பொருள் மற்றோர் உலர்ந்த திண்மப் பொருளின் மேல் உராய்ந்து செல்லும்போது ஏற்படும் ஒடுக்க ஆற்றல் உராய்வு ஒடுக்கம் எனப்படுகின்றது.

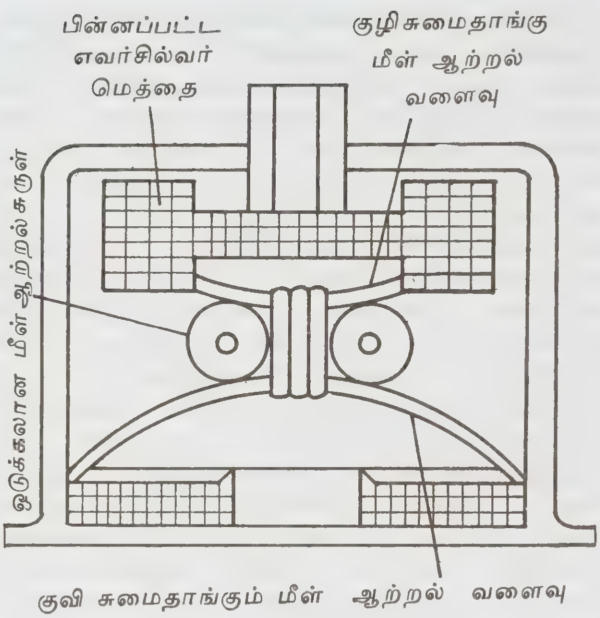


படம் 3.

p என்ற ஆணிபோன்ற பகுதி c என்ற உருளையில் நுழைக்கப்பட்டு m நிறையுள்ள பொருளில் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. ஆணி போன்ற பகுதி தாங்கியின் மேல் இணைக்கப்பட்ட இரு மீள் ஆற்றல் வளையங்களின் நடுவே உரசிச் செல்வதாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதில் ஒடுக்கல் ஆற்றல் m என்ற நிறை நகரும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் ஆணிக்கும் செங்குத்தான மீள் ஆற்றல் வளைப்பகுதிக்கும் இடையில் ஏற்படும் உராய்வின் மாறிலியால் நகரும் திறனைப் பெருக்கக் கிடைக்கும் அளவிற்குச் சமமாக ஏற்படுகிறது. இந்த ஒடுக்கல் ஆற்றல் பொதுவாக மாறிலியாக இருக்கும்.

ஆணியின் வடிவம் சரிவுள்ளதாக இருந்தால் ஒடுக்கல் ஆற்றலும் மாற்றம் உடையதாக இருக்கும். இவ்வமைப்பு மிகவும் எளிமையானதாக இருப்பதால் அதிர்வு தாங்கிகளில் உராய்வு ஒடுக்கமே பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தேவைப்பட்டால் செங்குத்து இயக்கமும் கிடைநிலை இயக்கமும் கட்டுப்படுத்தும் ஒரே அமைப்பை உருவாக்கலாம். ஒரு சில உராய்வு ஒடுக்கல் கருவிகள் செங்குத்தான கிடையான பக்கங் களிலும் திறமையாகச் செயல்படுகின்றன.

குழி, குவி மீள் ஆற்றல் வளைவுகள் ஒன்றாக



படம் 4.

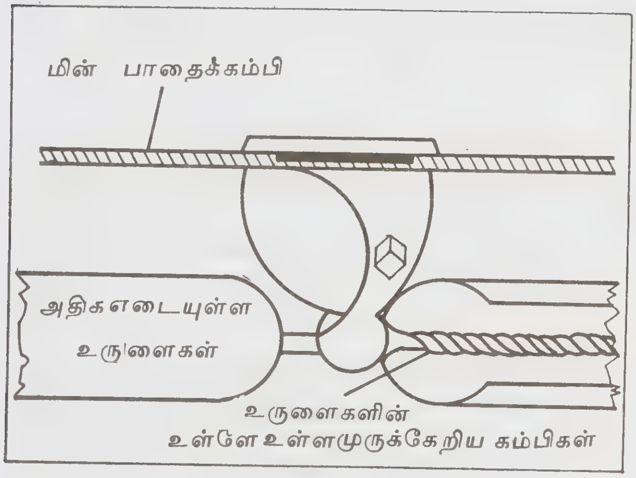
இணைக்கப்பட்ட சுமையைத் தாங்குகின்றன. ஒடுக் கலுக்கான மீள் ஆற்றல் சுருளைகள் அவ்விரு உலோகத் தகடுகளையும் சுற்றி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. செங்குத் தான அல்லது கிடையான எந்த அசைவும் சுமை தாங்கும் மீள் ஆற்றல் வளைவுகளைச் செங்குத்தா கவோ கிடையாகவோ நிமிரச் செய்யும். எந்தவோர் அசைவும் குவி மீள் ஆற்றல் வளைவின் மேல் திணிக் கப்படும்போது ஒடுக்கலுக்கான மீள்ஆற்றல் சுருளின் மேல்படும் பரப்பு அதிகரிக்க உராய்வு ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது. இதில் ஏற்படும் ஒடுக்கல் ஆற்றல் நேர் போக்கு உடையதாக இருக்கும்.

இயற்கை ஒடுக்கம் (inherent damping). இட வசதியின்மை காரணமாகத் தனி அதிர்வு ஒடுக்கல் கருவிகளைப் பயன்படுத்த இயலாத இடங்களிலும் பொருளாதாரச்சிக்கனத்திலும் தேவைப்படும் ஒடுக்கல் ஆற்றலின் குறை அளவிலும் முன்னர் விளக்கப் பட்ட ஒடுக்கல் முறைகளைப் பயன்படுத்த இயலுவ தில்லை. ஆகையால் ரப்பர், தக்கை, கம்பளி போன்ற பொருள்கள் அவற்றில் உள்ள இயற்கையாக அமையப் பெற்ற அல்லது உள்ளேயிருக்கும் தயக்க விளைவின் (hysterisis) காரணமாக ஒடுக்கல் பொருளாகப் பயன் படுகின்றன. மாறா விரைவுள்ள உந்துகள், காற்று அழுத்திகள், மின் ஆக்கிகள், அரைவை ஓடிகள் முதலியவற்றில் இயற்கையாக அமையபெற்ற ஒடுக்கம் பயன்படுகிறது.

காந்த ஒடுக்கம். காந்தத் துருவங்களின் நடுவில் அல்லது காந்தப் புலங்களில் ஒரு கடத்தும் கம்பி அசையும்போது தூண்டப்பட்டு ஏற்படும் மின்னோட் டத்தின் பயனாக ஏற்படும் ஒடுக்கம் காந்த ஒடுக்கம் (magnetic damping) எனப்படுகிறது. இம்முறையில்

ஏற்படும் ஒடுக்கல் ஆற்றல் மின் கடத்திக் காந்தப் புலத்தில் நகரும் வேகத்திற்கு நேரிடையாக இருக்கிறது. ஆனால் இவ்வமைப்பில் காந்த ஒடுக்கம் ஒரு திசையில் மட்டும் இருப்பதால் இத்தகைய அதிர்ச்சி தாங்கிகள் சிறப்பாகப் பயன்படுவதில்லை.

மின் பாதைக் கம்பிகளில் அதிர்வு ஒடுக்கம். காற்றின் வேகத்திற்கு ஏற்றவாறு இருகம்பங்களின் அல்லது கம்பிகளின் பிடிப்புத்தானத்தின் இடையில் உள்ள கம்பிகள் அவற்றின் நிறைக்கும் இழுவிசைக்கும் நீளத்திற்கும் ஏற்றவாறு கண்ணிகளாக (loops) அதிர்வு அடைகின்றன. இவற்றால் கம்பங்களின் முனையில் கம்பிகள் வலிவிழந்து உடைந்துபோக நேரிடும். இந்த அதிர்வுகள் கம்பங்களை அல்லது கம்பிகளின் பிடிப்புத்தானத்தை அடையவிடாமல் தடுப்பதற்கு அதிர்வு ஒடுக்கக் கருவிகள் பயன்படுகின்றன.



படம் 5. ஸ்டாக்பிரிட்ஜ் ஒடுக்கல் கருவி

ஸ்டாக்பிரிட்ஜ் ஒடுக்கல் கருவி. இக்கருவியில் ஒன்று அல்லது இரண்டு அடி நீள முறுக்கேறிய மின் கடத்தியுடன் எடை மிகுந்த இரு உருளைகள் இணைக்கப்பட்ட அமைப்பைக் கொண்டது. இதை மின் கம்பங்களுக்கு அல்லது பிடிப்புத்தானத்திற்கு அருகில் இணைப்பதால் கம்பிகளில் ஏற்படும் அதிர்வாற்றலை இவற்றில் உள்ள முறுக்கேறிய கடத்தி உள்ளீர்த்துக் கொள்வதால் மின்பாதைக் கம்பிகளில் அதிர்வு ஒடுக்கப்படுகிறது. இந்த ஸ்டாக்பிரிட்ஜ் ஒடுக்கல் கருவிகளின் எடை 2-16 பவுண்டு வரை இருக்கும். மற்றொரு வெற்றிகரமான ஒடுக்கல் கருவி ஒரு பெட்டியில் எடைகளுடன் கூடிய மீள் ஆற்றல் சுருள்களைக் கொண்டது. இதில் உள்ள மீள் ஆற்றல் சுருள்கள் அதிர்வின் ஆற்றலை ஈர்த்துக் கொள்வதால் மின்பாதைக் கம்பிகளில் அதிர்வு ஒடுக்கப்படுகின்றது.

அலைவுகளின் ஒடுக்கம். அலைவைத் தடுப்பது அல்லது அதில் உள்ள ஆற்றலைப் பரவலாக்கித் திறன் இழக்கச்செய்வது அலைவு ஒடுக்கம் (oscillation damping) ஆகும். எந்த ஓர் அமைப்பிலும் உராய்வின் வலிமை சிறு அலைவுகளின் வேகத்திற்கு எதிர்த் திசையில் அலையும் பொருளின் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உண்டாகிறது. உராய்வின் வலிமைக்கும் அலைவின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதம் -R, தடையின் எதிரினம் (negative) எனப்படுகிறது. ஒரு வலிவுள்ள அலைவில் தடைமூலம் ஒடுக்கல் ஏற்படும்போது அதிருந்தன்மை ஏற்படுகிறது.

ஒடுக்கப்பட்ட அலைவு. m நிறையுள்ள பொருள் அளவுள்ள விறைப்புடன் (stiffness) அலையவிடப்படும்போது ஒடுக்கல் இல்லாத நிலையில் அலைவின் கோணமாற்று அலைவு எண் (angular frequency) $\omega_o = (s/m)^{\frac{1}{2}}$ எனப்படுகிறது.

m தடையை ஏற்படுத்துவதன் மூலம் அலைவின் அலைவு எண்ணில் மாற்றம் ஏற்படுவதுடன் காலப் போக்கில் அலைவும் அழிகிறது. ஓர் ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்பட்ட அதிர்வு வீச்சின் (amplitude) A என்ற உச்ச அளவைக் கொண்ட ஓர் அலைவைக் கீழ்க் காணும் சமன்பாட்டின்படி எழுதலாம்.

$$U = Ae^{-\alpha t} \cos \omega_d t \ldots\ldots \qquad (1)$$

இதில் $1/\alpha$ = ஒடுக்கல் மாறிலி. ω_d என்பது கோண மாற்று வேகம். t = காலம்.

இதேபோல் ஓர் ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்படாத அலைவை

$$U = A \cos \omega_o t \ldots\ldots \qquad (2)$$

என எழுதலாம்.

மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளில் t = o என்றால் U = A என்றாகிறது. சமன்பாடு (1) இல் உள்ள கோணமாற்று அதிர்வு எண் ωd (அதாவது ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்பட்ட அலைவின் கோணமாற்று அதிர்வு எண் ω_o ஐவிட ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்படாத அலைவின் கோண மாற்று அதிர்வு எண்ணைவிட எப்போதும் குறைவாக இருக்கும்.

சமன்பாடு (1) இன்படி அதிர்வு வீச்சின் உச்சம் குறையும்போது காலத்தின் அளவிற்கு ஏற்றவாறு மடங்குகளாகக் (exponentially) குறைகிறது.

அப்போது $\dfrac{1}{\alpha} = 2 \dfrac{m}{R} \ldots \qquad (3)$

அதிர்வு வீச்சின் உச்சம் அதன் முதல் அளவிலிருந்து $\dfrac{1}{\alpha}$ இன் பகுதியாகக் குறைகிறது.

பொதுவாக ஒடுக்கம் என்பது குறைவின் சிறு அளவான δ இன் மடக்கையாக அதாவது குறையும் சைன் வடிவ அலையின் இரு அடுத்தடுத்த உச்ச வேறு பாட்டின் இயல் மடக்கையாக (natural logarithm) வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அலைவின் காலம் T என்றால்

$\delta = XT$ ... (4) ஆகையால் முதல் சமன்பாடு

$$U = Ae^{-\delta t/T} \cos \omega dt \ \ldots (5)$$

இதிலிருந்து $\frac{1}{\delta}$ = என்பது அதிர்வின் வீச்சு $\frac{1}{\delta}$ அளவு குறைவதற்கு ஆகும் அலைவின் எண்ணிக்கை யைக் குறிப்பதாகிறது, அதேபோல் $\frac{1}{\alpha}$ என்பது அதற்கான காலத்தைக் குறிக்கிறது.

ஓர் அமைப்பில் அடங்கியுள்ள ஆற்றலைப் பொறுத்து ஒடுக்கத்தின் அளவு வழக்கமாக Q என வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. ஓர் அலைவின் சேமிக்கப் பட்டுள்ள ஆற்றலின் ஒரு பகுதி நிலையானதாகவும் மறுபகுதி இயக்கத்தில் உள்ளதாகவும் கருதப்படும். அலைவின் வீச்சு உச்சத்தில் இருக்கும்போது அந்த நிலையில் வேகம் குறைந்து பூஜ்யமாகிறது. அப்போது ஆற்றல் முழுதும் நிலையானதாக (potential) இருக் கிறது. அலைவின் வீச்சு பூஜ்யமாக இருக்கும்போது வேகம் அதிகமாக இருககிறது. அப்போது ஆற்றல் முழுதும் இயக்கத்தில் (kinetic) இருக்கிறது. ஒரு முழு அலைவின்போது சேர்த்துவைக்கப்பட்ட பெரும ஆற்ற லுக்கும் இழக்கப்பட்ட ஆற்றலுக்கும் உள்ள விகிதத் தின் π மடங்கு Q எனப்படுகிறது.

$$Q = \omega_0 m/R = \pi S \ \ldots\ldots \quad (6)$$

ஒடுக்கப்பட்ட அதிர்வு எண்ணிற்கும் (ωd) ஒடுக்கப் படாத அதிர்வு எண் ω_0 க்கும் உள்ள விகிதத்தைக் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் குறிப்பிடலாம்.

$$(\omega d/\omega_0)^2 = (1 - \tfrac{1}{2}Q^2) \ \ldots\ldots \quad (7)$$

Q அதிகமாக இருக்குமானால் ஒடுக்கம் குறைவாக இருக்கும். ஒடுக்கம் குறைவாக இருக்கும்போது ωd, ω_0 ஐவிடச் சிறிதளவு குறைவானதாக இருக்கும்.

மிகை ஒடுக்கம், மாறு நிலை ஒடுக்கம். சமன்பாடு (1) இல் αவின் மதிப்பு ω_0 விட அதிகமானால் அந்த அமைப்பு அலைவற்றதாக ஆகிறது. ஒரு நிறை வீச்சுற்குப் பிறகு தன் நிலைக்கு மெதுவாக வருகிறது. அப்போது $\frac{\alpha}{\omega_0}$ என்ற விகிதமும் அதிகமாகிறது. இதற்கு மிகை ஒடுக்கம் எனப்பெயர்.

$\alpha = \omega_0$ என்னும்போது $Q = \frac{1}{2}$ ஆகிறது. இந்த நிலையில் வீச்சில் அலைவற்றதாக இருந்தாலும் தனது சமநிலைக்கு மிகைப்படுத்திய ஒடுக்கத்தின் வேகத்தைவிட மிக விரைவில் திரும்புகிறது. இதற்கு மாறு நிலை ஒடுக்கம் (critical damping) எனப்பெயர்.

பரப்பப்பட்ட அமைப்பு. (distributed system). அதிர்வு எண் $\omega/2\pi$ ஆக உள்ள ஒடுக்கமற்ற ஓர் அலையைக் கிடைஅச்சின் (x axis) நேரினத் (positive) திசையில் செல்ல விட்டால் அதைக் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின்படி எழுதலாம்.

$$U = A \cos (\omega t - x/c) \ \ldots (8)$$

C = அலையின் வேகம்

மேற்காணும் $x = 0$ என்ற நிலையிலேயே அதிர்வு நிலைப்படுத்தப்பட்டால் $U = A \cos \omega$ ஆகிறது. பின் ஒடுக்கம் வெளிப்படையாக ஏற்பட்டு வீச்சு அடுக்கடுக்காகக் கிடையச்சின் தொலைவிற்குத் தக்கவாறு குறைகிறது. எனவே சமன்பாடு (8) பின்வருமாறு மாறுகிறது.

$$U = Ae^{-\alpha' x} \cos [\omega (t - x/c)] \ \ldots (9)$$

இதில் α என்பது அலைவு எண்ணைப் பொறுத்தது. இதைச் சுருக்கி (attenuation) எனலாம். அலை பரப்பப்படும் கருவி முடிவடைந்துவிட்டால் அலைகள் முடிவிலிருந்து எதிரொலித்து நிலையான அலைகளை உடைய ஓர் அமைப்பை ஏற்படுத்தும்.

தயக்கவிளைவு ஒடுக்கம். ஒருகுறிப்பிட்ட நேரத்தில் காலந்தவறாமல் மாறிமாறி தகைவில் (stress) இருக்கும் ஓர் உலோகத்துண்டில் நீளவாட்டில் ஏற் படும் திரிபை (strain) அந்நேரத்தில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள தகைவை வைத்து முடிவெடுப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, தகைவை அதிகரித்துக் கொண் டிருக்கும்போது ஏற்படுவதைவிடத் தகைவைக் குறைத்துக் கொண்டிருக்கும்போது ஏற்படும் தகை வுக்கான நீட்டல் திரிபு (elongation strain) குறை வானதாகவே இருக்கும். இதை எந்திரத் தயக்க விளைவு எனக் கூறுவர். இத்தன்மை ஒரு தேவை யற்ற ஆற்றல் இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது.

நீராவியாலும் வளிமத்தாலும் இயங்கும் சுழல் எந்திரங்கள் ஜெட் எந்திரங்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படும் கத்தி போன்ற பகுதிகளில் அஞ்சத்தக்க ஓர் அதிர்வுக் குழப்பம் தோன்றக்கூடும். அப்போது கத்தி போன்ற பகுதிகளின் உலோகங்கள் ஒரு தயக்க விளைவு ஒடுக்கத்தை (hysterisis damping) ஏற்படுத்தி அந்த அதிர்வை நிறுத்துகின்றன.

தகைவு குறைவாக இருக்குமானால் தயக்க விளைவு ஒடுக்கம் மிகக் குறைவானதாகவே இருக்கும். ஆனால் தகைவு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைத் தாண்டும் போது இது எதிர்பாராமல் உயரும். பெரும்பாலான

உலோகங்களில் தகைவு மிகும்போது உலோகங்கள் தம் சோர்வு நிலையை (fatigue) நெருங்கி விடுவதால் உடைந்து விடுகின்றன. இருப்பினும் ஒரு சில உலோகக் கலவைகள் எஃகைவிடப் பாதுகாப்பான தகைவின்போதே மிகுதியான தயக்க விளைவு ஒடுக்கத்தை வெளியிடுகின்றன.

அளவுக்கருவி. கால்வனா மீட்டர், மின்சார அளவுக்கருவி ஆகியவை ஒடுக்கப்பட்ட மின் எந்திர அமைப்புகளின் சிறந்த மாதிரிகளாகும். முள்ளின், தடையின்றிச் செல்லும் காலம் (free period) கருவியின் சுழல் அமைப்பின் நிலைமத் திருப்புமையையும் (moment of inertia) தொங்கும் தானத்தின் விறைப்பு அல்லது சுருள் வில்களின் விறைப்பையும் பொறுத்தமையும். ஓர் ஒடுக்கம் குறைவான அமைப்பில் மின்சாரம் திடீரெனச் செலுத்தப்பட்டால் முள் சமநிலை அளவைவிட மிகுதியும் தாண்டிச் சமநிலையை மையமாகக் கொண்டு ஒரு சைன் வடிவ அலைவை ஏற்படுத்தி ஒடுங்குகிறது. மிகவும் ஒடுக்கப்பட்ட அமைப்பில் முள் அடைய வேண்டிய குறியை மிகவும் மெதுவாக அடைகிறது. அளவைக் குறிக்கும் காலம் முள் சமநிலையை அடைவதற்குத் தேவைப்படும் நேரத்தின் $\pm 1\%$ ஆகக் கொண்டு மடக்கை குறைவு மாறுநிலை மதிப்பில் 83%ஆக இருக்குமானால் (அதாவது ஒத்த ஒடுக்கம்(relative damping))குறைந்த அளவைக் காட்டும் காலம் தடையின்றிச் செல்லும் காலத்தில் 67% எனக் கொள்ள வேண்டும்.

எடுத்துச் செல்ல ஏதுவான திறந்த பலகைகளில் பொருத்தப்படும் கருவிகளின் ஒடுக்கம் காந்த மூலமாகவோ பாகுநிலை மூலமாகவோ இரண்டும் இணைந்தோ ஏற்படுத்தப்படுகிறது. காற்று அடைக்கப்பட்ட ஒரு குறுகிய கருவியினுள் ஒரு தகடு போன்ற பகுதியை அசையவிடும்போது பாகுநிலை ஒடுக்கம் ஏற்படுகிறது. சுழிப்பு மின் ஓட்டத்தால் (eddy current) காந்த ஒடுக்கம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. காந்தத் துருவங்களின் இடையில் கம்பிச் சுருள் அல்லது ஓர் உலோகத்தகடு அசையும்போது அக் கம்பிச் சுருள்களில் அல்லது உலோகத் தகடுகளில் சுழிப்பு மின் ஓட்டம் உண்டாகிறது. இந்த அமைப்பு காந்த ஒடுக்கமுடைய தராசுகளில் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

டி ஆர்சனல் கால்வனா மீட்டர்களில் அசையும் மின் கம்பிச்சுருள்களில் ஏற்படும் மின் தூண்டுதல் காரணமாக ஒடுக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்த மின் தூண்டுதல்களின் அளவை அந்த மின்கம்பிச் சுருள்களுடன் மின் தடைகளை வெளிப்படையாக இணைத்துக் கட்டுப்படுத்தி ஒடுக்கத்தின் அளவையும் கட்டுப்படுத்தலாம். நுட்பமான குறுமின்னோட்ட அளவிகளில் (மைக்ரோ அம்மீட்டர்களில்) இம்முறை குறைந்த அளவில் பயன்படுகிறது.

- பொ. இராஜாமணி

ஒண்முகிற்படலம்

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில், அன்றைக்கிருந்த தொலைநோக்கியால் வானத்தை ஆய்வு செய்த வானியலார், ஒளிராத கோள்கள் மினுமினுக்கும் விண்மீன்கள் தவிர வழக்கத்திற்கு மாறான, புதுமையாகத் தோற்றமளிக்கின்ற வேறு சில விண்பொருள்களையும் கண்டனர். குளிர்கால இரவில் படர்ந்திருக்கும் மூடுபனி போல, முகில் போல மங்கலாகக் காட்சியளிக்கும் விண்பொருளைக் கண்டனர். இலத்தீன் மொழியில் முகிலைக் குறிப்பிடும் நெபுலா (nebula) என்ற சொல்லை இவற்றிற்குப் பயன்படுத்தினர். இதுவே ஒண்முகிற்படலம் (nebula) என்று இன்று குறிக்கப்படுகிறது.

வானியல் தொலைநோக்கிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின், சைமன் மாரியஸ் என்ற அறிஞர், இது போன்ற விண்பொருள்கள் இப்பேரண்டமெங்கும் (universe) இருப்பதைக் கண்டறிவித்தார். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் இடைக்காலத்தில் பிரான்ஸ் நாட்டு வானியல் அறிஞரான சார்லஸ் மெசியர் அன்று வரை இனங்கண்டு கொள்ளப்பட்ட ஒண்முகிற்படலங்களின் நிழற் படங்களைத் தொகுத்து வெளியிட்டார். இந்நூல் இன்றைக்கும் ஒரு மேற்கோள் நூலாகப் பயன்படுகின்றது. இந்நூலில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒண்முகிற்படலங்கள் அவற்றின் வரிசைப்படி மெசியர்-1, மெசியர்-2...... என்று குறிப்பிடப் படுகின்றன. சுருக்கமாக M-1, M-2........... என்று குறிப்பிடுகின்றார்கள்.

எடுத்துக்காட்டாக மெசியர் வழங்கியுள்ள ஒண்முகிற்படலங்களில் M-1 என்பது நண்டு வடிவ ஒண்முகிற்படலம் ஆகும். இதை மீஒளிர்மீன் 1054 (super nova 1054) என்றும் குறிப்பிடுகின்றனர். M-13 என்பது ஹெர்குலஸின் சிறு கோளக வடிவ விண்மீன் கூட்டத்தையும் (globular cluster), M-31 ஆன்ற மேடா மண்டலத்தில் உள்ள சுருளி (spiral) ஒண்முகிற்படலத்தையும், M-42 ஓரியனில் உள்ள மிகப் பரந்து விரிந்து கிடக்கும் வளிம நிலை ஒண்முகிற்படலத்தையும், M-57 கோளொத்த லைரா என்ற வட்ட வளையமான ஒண்முகிற்படலத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன. பின்னர் ஹெர்சல் நுட்ப உணர்வுமிக்க தொலைநோக்கியின் மூலம் மேலும் பல ஒண்முகிற்படலங்களைக் கண்டறிந்து அவற்றை முறையாக அறிவித்தார். இவருடைய கண்டுபிடிப்புகள் சர். ஜான் என்பவரால் தொகுக்கப்பட்டன. இத்தொகுப்பு டிரியர் என்பவரால் 1888 ஆம் ஆண்டில் புதுப்பிக்கப்பட்டுப் பலதகவல்களுடன் ஒரு முழுமையான பட்டியலாக, விண்மீன் முடிச்சுகள் மற்றும் ஒண்முகிற்படலங்களின் புதுப் பொதுப் பட்டியல் என்ற தலைப்புடன் வெளியிடப்பட்டது. காண்க, புதுப் பொதுப் பட்டியல்.

பின்னர் இப்பட்டியலில் காணப்படும் வரிசைப் படி ஒண்முகிற்படலங்களை NGC என்ற சுருக்கெழுத் துடன் குறிப்பிடுவது வழக்கமாயிற்று. 1895 ஆம் ஆண்டிலும் 1908 ஆம் ஆண்டிலும் இந்நூலுக்குப் பிற்சேர்க்கைகள் இணைக்கப்பட்டன. சிடெர்பிளாடு, மின்கோவிஸ்கி, ஜான்சன் சார்பெஸ் போன்ற அறிவிய லார்களும் ஒண்முகிற் படலங்களின் வகை பற்றிய சிறப்பு நூல்களை வெளியிட்டுள்ளனர்.

நுட்பஉணர்வுமிக்க வானியல் தொலைநோக்கிகள் மேன்மேலும் வளர்ச்சி பெற்ற பின்பு, முன்பு ஒண்முகிற்படலங்கள் என்று கருதப்பட்ட சில அடுத் தடுத்து அமைந்திருக்கும் தனித்த பல விண்மீன்களின் கூட்டம் என்பது புலனாயிற்று. அப்போது அனைத்து ஒண்முகிற்படலங்களும், புவியைவிட்டு மிகு தொலை வில் இருப்பதால், அவை இவ்வாறு தோற்றமளிக் கின்றனவோ என்ற ஐயத்தை எழுப்பின. ஒண்முகிற் படலங்கள் சில நெருக்கமான விண்மீன்களின் கூட்ட மாக இருப்பினும், அனைத்து ஒண்முகிற்படலங்களும் அத்தன்மையுடையன அல்ல என்று ஹக்கின்ஸ் (W. Huggins) என்ற அறிஞர் 1864 இல் உறுதியாக நிறுவினார். NGC 6543 என்று குறிப்பிடப்படுகின்ற ட்ராகோவில் உள்ள பொலிவான கோள் வடிவ ஒண்முகிற்படலம், ஒரு விண்மீனைப் போலத் தொடர் நிற நிரலைப் (continuous spectrum) பெற்றிருந் தாலும் அத்துடன் குறைவான அடர்த்தியில் உள்ள ஓர் ஒளிரும் வளிமத்தின் தனிச் சிறப்பான கெட்டி யான நிற நிரல் வரிகளும் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன என்ற உண்மையே அவருடைய கண்டுபிடிப்பிற்குச் சான்றாக அமைந்தது.

ஒண்முகிற்படலத்தின் பொதுவியல்புகள். ஓர் ஒண் முகிற்படலத்தின் அமைப்பில் பல விண்மீன்களும், விண்மீன் கூட்டங்களும் கூட அமைந்திருப்பதுண்டு. ஓர் அண்டம் முழுதும் ஊடுருவியவாறு காணப்படுவது உண்டு. பொருட்செறிவு மிகமிகக் குறைவெனினும், மிகு பருமன் காரணமாக இவற்றின் நிறை பெரும் பாலும் மிக அதிகமாகவே இருக்கும். எடுத்துக்காட் டாக ஆன்றோமேடாவிலுள்ள M-31 என்ற ஒண் முகிற்படலத்தின் நிறை சூரியனைப் போல 350 கோடி மடங்காகும்; கன்னி (Virgo) விண்மீன் குழு வில் உள்ள NGC- 4594 என்ற ஒண்முகிற்படலத்தின் நிறை சூரியனைவிட 3500 கோடி மடங்காகும். இம்மதிப்பீடுகள் கூட ஒண்முகிற்படலத்தின் முழு நிறையையும் குறிப்பிடவில்லை என்று ஐயுறு கின்றனர்.

ஒண்முகிற்படலத்தின் உருவ அமைப்பு பல வாறாகக் காணப்படுகிறது. அவை சுருளி, நீள்வட்டம் கோளம் ஒழுங்கற்ற உருவ அமைப்புகளுடன் காணப் படுகின்றன. அண்டமான பால்வெளி அண்டம் மட்டுமன்றி மற்ற அண்டங்களிலும் உள்ள பல ஒண் முகிற்படலங்கள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. பொது வாக ஒண்முகிற்படலங்கள் தம்மிடம் உள்ள விண் மீனின் ஒளியை எதிரொலிப்பதாலும், சிதறடிப்பதா லும் மங்கலாகக் காட்சியளிக்கின்றன. சில ஒண்முகிற் படலங்களின் சில பகுதிகள் ஒளிபுகாத் தன்மையுடை யனவாகவும் இருப்பதுண்டு. இதனால் அப்பகுதி இருண்டு காணப்படும். அடர்த்தி, ஒளி ஊடுருவும் தன்மை இவற்றிற்கு ஏற்ப ஒண்முகிற்படலங்கள் பல வகைகளில் ஒழுங்கற்ற உருவங்களைப் பெற்றிக்கும்.

ஒண்முகிற்படல வகைகள். பேரண்ட வெளியில் காணப்படும் ஒண்முகிற்படலங்களை நுணுகி ஆராய்ந்து, அவற்றைத் தளர்வுறு ஒண்முகிற்படலம் (diffuse nebula), மாறு ஒளிர் ஒண்முகிற்படலம் (variable nebula), கோள் ஒண்முகிற்படலம் (planetary nebula), மீஒளிர்மீன் என்று பலவாறு வகைப் படுத்தியுள்ளனர். இவற்றுள் தளர்வுறு ஒண்முகிற் படலம், மாறு ஒளிர் ஒண்முகிற்படலம், மீஒளிர்மீன் போன்றவை அண்ட ஒண்முகிற்படலங்கள் (galactic nebulae) எனப்படும்.

ஓரளவு கூடுதலான புறப்பரப்புப் பொலிவு மங் கலாகப் படர்ந்திருக்கின்ற முகில் போன்ற அமைப்பு, குறைவான அடர்த்தி, வரையறுக்க இயலாத எல்லையற்ற தோற்றம், ஒரு நீண்ட நெடுக்கையில் வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்ற நிறை போன்ற சிறப்புத் தன்மைகளைத் தளர்வுறு ஒண்முகிற்படலங்கள் பெற்றுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, ஓரியன் ஒண் முகிற்படலம் (orion nebula) ட்ரிஃபிட் ஒண்முகிற் படலம் (trifid nebula) போன்றவற்றைக் குறிப்பிட லாம். இன்று இனங்கண்டறிந்துள்ள ஒண்முகிற் படலங்களுள் பெரும்பாலானவை தளர்வுறு ஒண் முகிற்படலங்களே. இவற்றைத் தனிச் சிறப்பு ஒளி வடிப்பான்களுடன் நீண்ட நேர ஒளிப்பிடிப்புகளால் மட்டுமே இனங்கண்டறிந்து கொள்ள முடியும். இவ்வகையைச் சார்ந்த ஒண்முகிற்படலங்களில் தூசி யும் வளிமங்களும் இரண்டறக் கலந்தோ (எ. கா. ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம்) வெறும் வளிமங்கள் மட்டுமோ (எ.கா. கலிபோர்னியா ஒண்முகிற்படலம்) காணப்படுவதுண்டு.

ஒண்முகிற்படலத்தின் ஒளிரும் தன்மை அடிக்கடி மாறிக் கொண்டிருப்பதால், அதை மாறு ஒளிர் ஒண்முகிற்படலம் என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இவை பெரும்பாலும் விசிறி போன்ற உருவ அமைப்புடன் காட்சியளிக்கின்றன. ஹபிள் மாறு ஒளிர் ஒண்முகிற் படலம் (Hubble's variable nebula), டி. டாரி (t.tauri) ஒண்முகிற்படலம் போன்றவை இவ்வகையைச் சார்ந்தவையாகும். டி. டாரி ஒண்முகிற்படலம் ஒரு விண்மீன் உருவாக்க வழி முறையில் ஈடுபட்டுள்ளது என்று நம்பப்படுகிறது.

லைராவில் உள்ள வளைய ஒண்முகிற்படலங்கள் மேற்கூறிய ஒண்முகிற்படலங்களிலிருந்து மாறுபட்ட

யாகும். இவற்றையே கோள் ஒண்முகிற்படலம் என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இந்த ஒண்முகிற் படலங்ளைத் தொலைநோக்கியால் பார்க்கும்போது, கோள்கள் விண்மீன்களைப்போல ஒளிப்புள்ளிகளாகத் தோன்றாமல் தனிப்பட்ட பரிமாணங்களில் சிறிய பசுமைநிறத் தட்டு போலத் தோன்றும். இதுபோன்ற தொரு தோற்றத்தை இவ்வகை ஒண்முகிற்படலங் களும் ஏற்படுத்துவதால், இவை கோள் ஒண்முகிற் படலங்கள் எனப்படுகின்றன. கோள் ஒண்முகிற் படலங்கள் வரையறுக்கக்கூடிய எல்லைகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. பிற ஒண்முகிற்படலங்களுடன் ஒப்பிடும்போது இவை அளவில் மிகவும் சிறியன வாகும்.

அண்டத்திலேயே பல ஆயிரக்கணக்கான கோள் ஒண்முகிற்படலங்கள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. புவிக்கு மிக அண்மையில் உள்ள கோள் ஒண்முகிற்படலம் NGC 7293 ஆகும். இது 85 ஒளி ஆண்டுத் தொலை வில் உள்ளது. தூய வளிமங்களால் ஆன இந்த ஒண்முகிற்படலத்தின் வளையவிட்டம் 33 ஒளியாண்டு ஆகும். இதன் வளிமக் கூடு விரிவடைந்து வருகின்றது என்றும், அதனால் வளையம் மேலும் மேலும் மெல்லியதாகி இறுதியில் மறைந்து போகலாம் என்றும் எண்ணப்படுகிறது. இதன் காரணமாக வளர்ச்சிப் படிகளின் இறுதி நிலையில் உள்ள விண் மீன் வெளித்தள்ளும் பொருள்களால் ஆனதொரு கூடாக, இந்த ஒண்முகிற்படலங்கள் இருக்கலாம் என்று கருதுகின்றனர். கோள் ஒண்முகிற்படலங்கள் வட்டத் தகடாகவோ வளையமாகவோ காட்சியளிப் பதன் காரணம், அவற்றுள் புதையுண்டிருப்பதைப் போலத் தோன்றும் விண்மீன்களால் அவை ஒளிர்வதே யாகும்.

சைக்னஸ்வில் உள்ள வலை ஒண்முகிற்படலம் (network nebula), NGC 443 போன்றவை கதிர்வீச்சு ஒண்முகிற்படலங்கள் (radio nebulae) எனப்படுகின் றன. தளர்வுறு, மாறு ஒளிர் மற்றும் கோள் ஒண் முகிற்படலங்களின் ஒளிர்தலுக்கு அவற்றில் உள்ள விண்மீன்களே காரணம். ஆனால் கதிர்வீச்சு ஒண் முகிற்படலங்கள், சுற்றியுள்ள உடுக்கணங்களின் இடை ஊடகத்துடன் (interstellar medium) மோதல் களை ஏற்படுத்துவதால் ஒளிர்தலைப் பெறுகின்றன. இதனால் வெப்ப இயக்கமற்ற கதிர்வீச்சு அதிர் வெண்ணில் கதிரியக்கம் (non-thermal radio frequency radiation) நடைபெறுகின்றது.

இடபம் (taurus) விண்மீன்குழுவில் உள்ள நண்டு வடிவ ஒண்முகிற்படலம் ஒரு மீஒளிர்மீன் ஆகும். இது வலிமையான கதிர்வீச்சு அலை மூலமாக விளங்கு கின்றது. இது மின்னூட்டமுள்ள சிலவகை அடிப் படைத் துகள்கள் வலிமையான காந்தப்புலத்தில் முடுக்கப்பட்டிருப்பதால் கதிர்வீச்சு அலைகளை உமிழக்கூடியதாக இருக்கலாம் என்று கருதுகின்றனர். இன்று வான் இயற்பியலில் முக்கியமானதோர் ஆய்வுக் கருவாக இது விளங்குகின்றது. ஏனெனில் இதன் வளர்சிதை மாற்றங்கள் விண்மீனின் பிறப்பு வெடிப்பு பற்றிய உண்மைகளைத் தெளிவுபடுத்தும் என்று நம்பப்படுகிறது.

ஒண்முகிற்படல ஆய்வுகள். ஒளி உமிழ் ஒண்முகிற் படலங்கள் பெரும்பாலும் ஹைட்ரஜனின் Hα என்ற செந்நிற வரிகளை உமிழ்கின்றன. இதனால் செந் நிறஒளி உணர்திறன் மிக்க ஒளிப்படத் தட்டுகளைப் பயன்படுத்தி குறுகிய ஒளிப்பட்டையை ஏற்கின்ற ஒளி வடிப்பான்களைக் கொண்டு ஒண்முகிற் படலங் கள் ஒளிர்தலை அறிகின்றனர். இவற்றைக் கதிர் வீச்சுத் தொலை நோக்கிகள் மூலம் கண்டறியலாம்.

ஒண்முகிற்படலங்களின் வெப்பக் கதிரியக்கங்கள் பெரும்பாலும் உயர் அதிர்வெண்ணில் மட்டுமே உள்ளன (எ. கா. ஓரியன், இலாகூன், மெசியர்-8 போன்ற ஒண்முகிற்படலங்கள்). ஆனால் வெப்ப இயக்கமற்ற கதிரியக்கங்கள் பெரும்பாலும் தாழ்ந்த அதிர்வெண்ணுடையனவாகும். (எ. கா. நண்டு வடிவ ஒண்முகிற்படலம்). வெவ்வேறு ஒண்முகிற்படலங் களின் ஒளிர்தலுக்கு வெவ்வேறு மூலங்கள் காரண மாக இருக்கவேண்டும் என்பதை இதிலிருந்து அறிய முடிகிறது. ஓர் ஒண்முகிற்படலத்தின் ஒளி மூலம் பற்றி அறிய வேண்டுமானால் அதன் நிறமாலையின் கதிர்வீச்சு அலைப்பகுதியை அளவிட்டறிதல் போது மானதாகும்.

ஒண்முகிற்படலத்தின் நிறமாலையில் காணப்படும் சிலவரிகளுக்கு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறு காரணமாகும். நிறமாலையை நுட்பமாக ஆய்ந்து ஒண்முகிற் படலத்தில் உள்ள தனிமங்களின் இயைபு கண்டறியப் பட்டுள்ளது. ஒண்முகிற்படலங்களில் கார்பன், நைட்ரஜன், புளூரின், கந்தகம், குளோரின், ஆர்கான் போன்ற தனிமங்களின் அயனிகளும் மக்னீசியம், பொட்டாசியம், சோடியம், கால்சியம், இரும்பு போன்ற உலோகங்களும் உள்ளன. ஒண்முகிற் படலத்தின் நிறமாலைகளில் வேறொரு சிறப்பும் காணப்படுகின்றது. ஆய்வுக் கூடங்களில் அறியப் பட்டுள்ள தனிமங்களின் நிறமாலைகளில் பிறவற்றில் காணப்படாத வேறு சில வன்மையான வரிகளும் காணப்பட்டமை முதலில் ஒரு புதிராகவே தோன்றி யது. சூரியனின் நிறமாலையில் காணப்படும் கெட்டியான வரிகளுக்குக் காரணம் ஹீலியம் என்று முதலில் கருதியது போல இந்நிற நிரல் வரிகளுக்கு நெபுலியம் (nebulium) என்ற கற்பனைத் தனிமம் காரணமாக இருக்க வேண்டும் என்று கருதினர். ஆனால் பின்னர் ஹீலியம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது போல நெபுலியம் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை.

1927 இல் போவன் என்பார் நெபுலியத்தின் நிற நிரல் எனக் கற்பனை செய்யப்பட்ட வரிகள்,

விண்வெளியில் காணப்படுகின்ற பல்வேறு பொது வான அயனிகளின் விளக்கப்பட்ட ஆற்றல் நிலைப் பரிமாற்றங்களால் (forbidden transition) ஏற்படு கின்றன என்றும், இவற்றுள் மிகவும் வன்மை யான வரிகளுக்கு இருமுறை அயனியாக்கப்பட்ட ஆக்சிஜன் நியான் காரணமாக உள்ளன என்றும் நிறுவினார். ஒண்முகிற்படலங்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் நிலை மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன என்ற உண்மை, வளிமங்களாலான ஒண்முகிற்படலங்கள் அனைத்தும் மிகவும் கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட நிலையி லிருக்க வேண்டும் என்பதையும், அவற்றின் அடர்த்தி 10^{-23} கி. கி./க. மீ என்ற அளவில் மிகத் தாழ்ந் திருக்க வேண்டும் என்பதையும் தெரிவிக்கக்கூடிய தாக அமைகின்றது. இது எவ்வாறு நடைபெறு கின்றது என்பதைத் தற்கால வான் இயற்பியல் வல்லு நர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர்.

ஒளிரும் விண்மீனின் வெப்பநிலை 25, 000K-40,000 K என்றிருக்கும்போது அவை பெருமளவில் புற ஊதாக் கதிர்களை உமிழ்கின்றன. கட்புலனுக்கு உட்படாத இக்கதிர்கள் அவ்விண்மீனைச் சுற்றியுள்ள ஒண்முகிற்படலத்தை ஊடுருவும்போது ஊடகத்தை அயனியாக்குகின்றன. இது ஒளிமின் விளைவை ஒத்ததாகும். ஊடகத்தின் பொருட்செறிவுக் குறை வின் காரணமாக அயனியாக்கத்தினால் நீக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் உடனடியாக நேர்மின் அயனி களுடன் இணைந்து விடுவதில்லை. 20-100 ஆண் டிற்கு அவை தன்னிச்சையாக இங்குமங்குமாக இயங் கும் வாய்ப்பைப் பெற்றுள்ளன. அப்போது அவை அங்குள்ள அணுக்கள், தாழ்ந்த ஆற்றல் மட்டங் களில் உள்ள நியான், ஆக்சிஜன் அயனிகளுடன் மோதி அவற்றைக் கிளர்ச்சியுறச் செய்கின்றன. இதனால் அவை ஓர் உறுதியற்ற நிலையை அடைகின்றன. இவை பிற எலெக்ட்ரான்களுடன் மோதியோ கதிர்வீச்சை உமிழ்ந்தோ தாழ்ந்த ஆற்றல் நிலையை அடைய வேண்டியுள்ளன. இந்த விலக்கப்பட்ட வரிகளுக்குக் காரணமான ஆற்றல் உமிழ்விற்கு மிகக் குறைந்த வாய்ப்பே உள்ளது. எனினும் பேரளவிலான பருமத்தின் காரணமாக அவை குறிப்பிடும்படியான செறிவைப் பெற்றுள்ளன.

அயனியாக்கத்தால் நீக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் பொதுவாக அங்குள்ள நேர்மின் அயனிகளால் உறிஞ் சப்படுகின்றது. ஒரு ஹைட்ரஜன் எலெக்ட்ரானை உறிஞ்சும்போது ஹைட்ரஜனின் சிறப்பு நிற நிரல் வரிகள் உமிழப்படும். ஹைட்ரஜன் அணு பல ஆற் றல் நிலைகளைப் பெற்றிருக்கின்றது. எலெக்ட்ரான் உறிஞ்சப்படுவதால் ஹைட்ரஜன் அணுவால் அவற் றின் எந்தவோர் ஆற்றல் மட்டத்தையும் அடைய முடியும். தாழ்ந்த ஆற்றல் நிலையில் எலெக்ட்ரான் உறிஞ்சப்படும்போது, புற ஊதாக் கதிர்கள் உமி ழப்படுகின்றன.உயர் ஆற்றல் நிலைகளில் இந்நிகழ்வு நிகழ்ந்தால், கட்புலனுக்கு உள்ளாகும் ஒளி அலைகள் உமிழப்படும். உயர் ஆற்றல் நிலையிலிருந்து, தாழ் ஆற்றல் நிலைக்குப் படிப்படியாக மாறும் போது ஹைட்ரஜனின் சிறப்பு நிற நிரல் வரிகளுக் குரிய ஒளி உமிழப்படுகின்றது.

பொதுவாக ஒளிரும் ஒண்முகில்மண்டலத்தின் அயன மண்டலப் பகுதி கோள வடிவில் இருக்கும் எனக் கூறலாம். ஏனெனில் அயன மண்டலம் தோன்றுவதற்குக் காரணம் விண்மீனால் உமிழப்படும் புற ஊதாக் கதிர்களேயாகும். ஆனால் ஒண்முகிற் படலத்தில் உள்ள தூசியும் வளிமங்களும் ஒரே சீராக விரவிக் காணப்படுவதில்லை. இதனால் ஒண்முகிற் படலத்தின் அயன மண்டலப் பகுதிகள் ஒழுங்கற்ற வடிவமுடையனவாக உள்ளன.

வெப்பமிக்க விண்மீன்கள் வளிம நிலையில் உள்ள ஒண்முகிற்படலத்தில் காணப்படவில்லை யெனில் அப்பகுதி கருமையாகிவிடுகின்றது. இப்பகுதி இருண்ட ஒண்முகிற்படலம் எனப்படுகிறது. இவை அதற்கு அப்பால் உள்ள விண்மீன்கள் உமிழும் ஒளியை உறிஞ்சிவிடுவதால், அவ்வாறு தோன்று கின்றன. 1600 ஒளி ஆண்டிற்கு அப்பால் உள்ள ஓரியன் ஒண்முகிற்படலத்தில் இது போன்ற இருண்ட பகுதிகள் காணப்படுகின்றன.

ஒரு விண்மீன் புவியை விட்டு விலகிச் செல்லும் போது அதன் நிறநிரல் வரிகள் சிவப்பு முனைப்பக்க மும், புவியை நோக்கி வரும்போது ஊதா முனைப் பக்கமும் கொண்ட இடப்பெயர்வு ஏற்படுகின்றது. ஒண்முகிற்படலங்களின் நிறமாலைகளிலும் இது போன்ற இடப்பெயர்வு காணப்படுகின்றது. இதற்குக் காரணம் அவற்றின் இயக்கம் மட்டுமா அல்லது வேறு காரணங்கள் ஏதேனும் உண்டா என்பது இது வரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.

அண்மையில் உள்ள ஒண்முகிற்படல நிற மாலைகளின் சிவப்பு மற்றும் ஊதா முனைப் பக்கங்களில் இடப்பெயர்வு சம அளவில் காணப் படுகின்றது. இதனால் அண்மையில் உள்ள ஒண் முகிற்படலங்கள் சில புவியை நோக்கியும், சில புவியை விட்டு விலகியும் இயங்குகின்றன என்று குறிப்பிடு கின்றனர்.

மிகத் தொலைவில் உள்ள ஒண்முகிற்படலங் களின் நிறமாலைகளில் சிவப்பு முனைப்பக்க இடப் பெயர்வே அதிகம் காணப்படுகின்றது. எனவே அவை புவியை விட்டு விலகிக் கொண்டே உள்ளன எனலாம். வேறு சில ஒண்முகிற்படலங்களில் இரு முனைகளிலும் ஒழுங்கற்ற இடப்பெயர்வுகள் காணப்படுகின்றன. ஒண்முகிற்படலத்தின் ஒரு பகுதி புவியை நோக்கியும், மற்றொரு பகுதி புவியை விட்டு விலகியும் செல்வதன் காரணமாகவும் இருக்கலாம் என்று எண்ண இட முண்டு. குறிப்பான இடப்பெயர்வு ஒண்முகிற்படலத் தின் தொலைவிற்கு ஏற்ப அமைகின்றது என்பதை

ஹூமாசன், ஹபிள் ஆகியோர் ஒரு விதியால் நிறுவினர். இவ்விதி மிகத் தொலைவில் உள்ள ஒண்முகிற்படலங்களின் தொலைவை அளப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

ஒண்முகிற்படலம் புவியை விட்டு விலகிச் செல்லும் வேகம் V என்றும், புவியிடமிருந்து அதன் தொலைவு D என்றும் கொண்டால் V=KD எனலாம். இங்கு K என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இது ஹபிள் மாறிலி எனப்படும். இத்தொடர்பு ஹபிள் விதி எனப்படுகிறது. கன்னி விண்மீன்குழுவில் உள்ள ஒண்முகிற்படலத்தின் நிறமாலையில் சிவப்பு முனைப்பக்க இடப்பெயர்வு அடைவதால், புவியை விட்டு 1142 கி.மீ./நொடி வேகத்தில் விலகிச் செல்கின்றது என்பதைக் காட்டுகின்றது. இதன் ஒளிர் தன்மையை ஆன்றோமேடாவின் ஒளிர் தன்மையோடு ஒப்பிடும் போது, கன்னி விண்மீன்குழுவின் ஒண்முகிற்படலம், ஆன்றோமேடாவைவிட 16.5 மடங்கு மிகு தொலைவில் அமைந்துள்ளது என்பதை அறியமுடிகிறது. ஆன்றோமேடா 800,000 ஒளி ஆண்டுத் தொலைவில் அமைந்திருப்பதாகக் கொண்டால் கன்னி ஒண்முகிற்படலம் 16.5×800,000 (= 13,000,000) ஒளி ஆண்டுத் தொலைவில் அமைந்திருக்கும். இதன்படி K இன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டால்

$$K = \frac{1142}{13} = 88 \text{ (தோராயமாக)}$$

அதாவது, 1,00,000 ஒளி ஆண்டுத் தொலைவில் உள்ள ஓர் அண்டம் 88 கி.மீ./நொடி என்ற வேகத்தில் புவியை விட்டு விலகிச் செல்லும் என்றும், 2,00,000 ஒளி ஆண்டுத் தொலைவில் அது 176 கி.மீ./நொடி என்ற வேகத்தில் புவியை விட்டு விலகிச் செல்லும் என்றும் கூறலாம். ஐன்ஸ்டைனின் சார்புடமைக் கோட்பாட்டின்படி ஒரு பொருளின் உயர்ந்த அளவு வேகம் 299,776 கி.மீ./நொடி ஆகும். இதையே ஓர் அண்டம் விலகிச் செல்லும் பெரும வேகமாகக் கொண்டால் பார்க்கக்கூடிய பேரண்டத்தின் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம். பெரும விலகு வேகத்துடன் இயங்கும் அண்டம் காட்சிப் புலக் கோட்டின் விளிம்பில் இருக்கலாம் என ஊகித்தால், அதன் தொலைவு $\frac{299,776}{88}$ = 3400 மில்லியன் ஒளி ஆண்டாகும். இது எல்லையற்ற பேரண்டத்தை 3400 மில்லியன் ஒளி ஆண்டு வரை மட்டுமே ஊடுருவிப் பார்க்க முடியும் என்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

- தனலட்சுமி மெய்யப்பன்

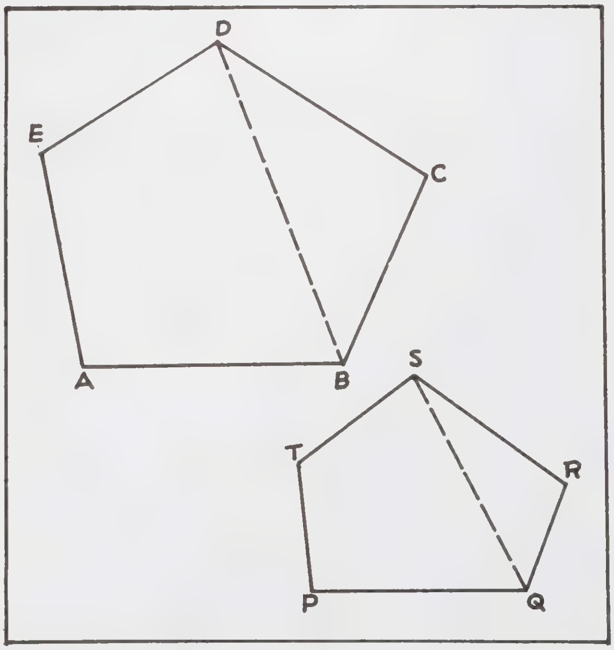
ஒண்முகிற்படலம், வளிம

வளிமக் கூறுகளால் ஒளி வெளிப்படுத்தப்படும் பரவலான ஒண்முகிற்படலம் வளிம ஒண்முகிற்படலம் (gaseous nebula) எனப்படும். பொதுவாக ஒண்முகிற்படலத்தில் வெப்பமான விண்மீன்களால் வளிமமும், தூசும் ஒளி பெறும். வளிமமும், தூசியும் மேகமும் ஒளி உண்டாகும் இடத்திலிருந்து மிகு தொலைவிலிருப்பின், மங்கலான அல்லது இருண்ட ஒண்முகிற்படலம் உண்டாகும். ஓரியன் நெபுலா இவ்வகையைச் சார்ந்ததாகும். பரந்த ஒண்முகிற்படலங்கள், சூரிய மண்டலத்தில் மட்டுமன்றி அதற்கு அப்பாற்பட்ட மண்டலங்களிலும் பரவியுள்ளன. இத்தகைய ஒண்முகிற் படலங்களில் இரும்பு, ஹைட்ரஜன், கார்பன், நைட்ரஜன், சிலிகான், மக்னீஷியம் போன்ற தனிமங்கள் மிகுதியாக உள்ளன. ஒளியற்ற, ஒளிமிகுந்த ஒண்முகிற் படலங்கள் விண்ணுலக வியப்புகளில் ஒன்றாகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒத்த உருவம்

வடிவக்கணித உருவங்கள், வடிவத்தில் ஒரே மாதிரியாகவும், சம அளவு அல்லது வெவ்வேறு அளவு உடையனவாகவும் இருக்குமானால், அவை ஒத்த உருவங்கள் (similar figures) எனப்படும். ஒரே அமைப்பையும், ஒரே அளவையும் உடைய உருவ அமைப்புகளைச் சர்வசம (congruent) உருவங்கள் எனக் குறிப்பிட்டாலும், அவையும் ஒத்த உருவங்களே யாகும்.



படம் 1.

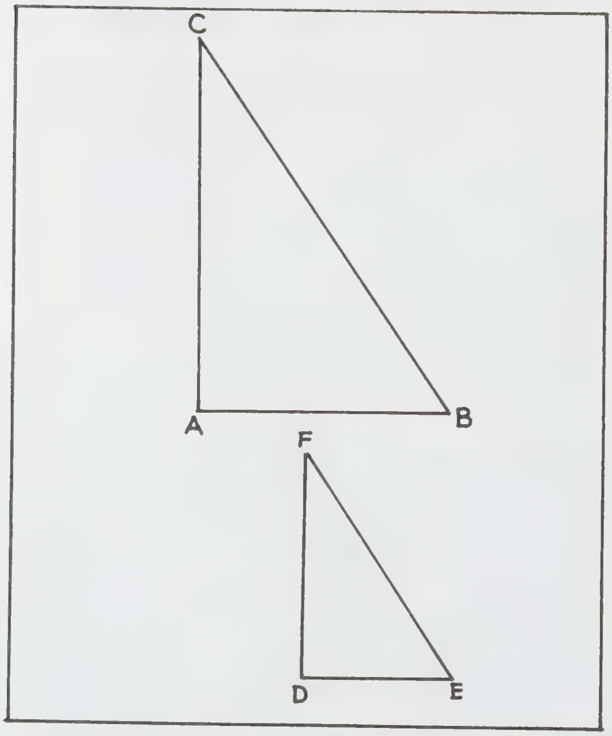
வட்டங்கள், சதுரங்கள் போன்ற உருவங்களைப் பொறுத்தமட்டும் அவை எப்போதும் வடிவொத்தவை யாகும். ஆனால், முக்கோணங்கள், பலகோணங்கள் ஆகிய உருவங்கள் ஒரு சில நிபந்தனைகளுக்கு மட்டுமே வடிவொத்தவையாகும்.

இரண்டு பலகோணங்களின் ஒத்த கோணங்கள் சமமாகவும், ஒத்த பக்கங்களின் விகிதங்கள் சமமா கவும் இருந்தால் பலகோணங்கள் வடிவொத்தவை எனப்படும்.

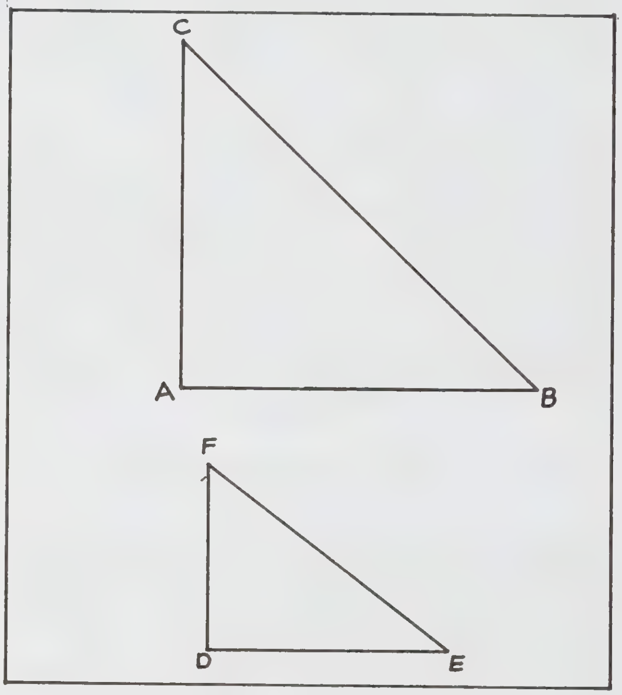
படம் 1இல் A=P; B=Q; C=R; D=S; E=T

ஆகவும் $\frac{AB}{PQ}=\frac{BC}{QR}=\frac{CD}{RS}=\frac{DE}{ST}=\frac{EA}{TP}$ ஆகவும் இருப்பதால் பல கோணங்கள் **ABCDE. PQRST** வடிவொத்தவை ஆகும். மேலும் வடிவொத்த பல கோணங்களின் ஒத்த பக்கங்களின் விகிதத்திற்கு ஒத்த விட்டங்களின் விகிதம் சமமாக இருக்கும். இம்மாறா விகிதத்திற்கு வடிவொப்புமை விகிதம் (ratio of similitude) எனப்பெயர்.

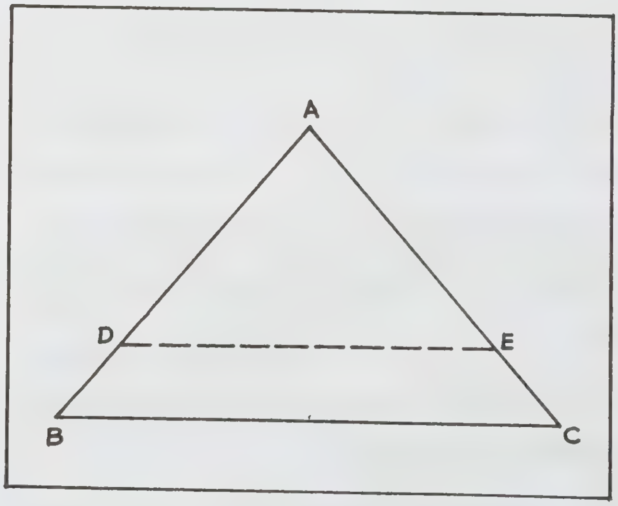
படம் 2இல் உள்ள இரண்டு முக்கோணங்கள் பின்வரும் நிபந்தனைகளுக்கு வடிவொத்தவையாக அமையும்; ஒத்த பக்கங்களின் விகிதங்கள் சமமாக இருத்தல்; இரண்டு ஒத்த பக்கங்களின் விகிதங்கள் சமமாகவும், அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள கோணங்கள் சமமாகவும் இருத்தல்; ஒரு முக்கோணத்தின் இரண்டு கோணங்கள், மற்றொன்றின் இரண்டு கோணங் களுக்குச் சமமாக இருத்தல், இரண்டு செங்கோண முக் கோணங்களில் (படம் 3) ஒன்றின் கர்ணம், ஒரு பக்கத் தின் விகிதம் மற்றொன்றின் கர்ணம், ஒரு பக்கத்தின் விகிதத்திற்குச் சமமானால், இரண்டும் வடிவொத்த முக்கோணங்களாகும். இங்கு, $\frac{BC}{EF} = \frac{AB}{DE}$ ஆகும்.



படம். 2



படம் 3.



படம் 4.

ஒரே முக்கோணத்தில் ஏதேனும் ஒரு பக்கத்திற்கு இணையாக வரையப்படும் ஒரு கோடு மற்ற இரு பக்கங்களையும் வெட்டுவதால் உண்டாகும் முக்கோணம் பெரிய முக்கோணத்திற்கு ஒப்புமை யாகிறது.

படம் 4இல் DE, BC க்கு இணையாகவுள்ளது. முக்கோணங்கள் ABC யும் ADE யும் வடிவொத்தவை யாகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒத்த ஒளிமுறிவின்மை

இரு கண்களின் ஒளி முறிவுத் தன்மைகள் வேறு வேறாக இருந்தால் அதற்கு ஒத்த ஒளிமுறிவின்மை (anisometropia) எனப் பெயர். இது பொதுவாக மரபு வழி வருவதாகும். பொதுவாக ஒத்த ஒளிமுறி வுள்ள இரு கண்களும் இருப்பது மிகவும் அரிது. ஏதோ ஒருவித மாற்றமுள்ளனவாகவே இருக்கும். அதாவது ஒரு கண் சாதாரண பார்வையாயிருந்தால் மற்றது அண்மைப் பார்வை அல்லது மிகை நீளப் பார்வை அல்லது உருட்சிப்பிழைப் பார்வை உள்ள தாகவோ இரு கண்களும் ஒரே அண்மைப் பார்வை அல்லது வேறுபார்வையாயிருந்தாலும் அவற்றின் ஒளிமுறிவின் அளவு வேறுபட்டதாகவோ இருக்கும். இது சிறுவயதினரிடையே பெரும்பான்மையாகவும் காணப்படும். அவர்களின் கண் வளர்ச்சியில் அண்மைப் பார்வை ஊனம் அதிகரிக்கும்போது ஒரு கண் அதிக மாக வளரும். அப்போது அந்தக் கண் மட்டும் மற்றதை விட அதிக ஊனம் உடையதாக இருக்க வாய்ப்பேற்படுகிறது. மேலும் ஒரு கண்புரை எடுக்கும் போதும், ஒரு கண்ணில் அடிபட்டு அதன் வில்லை தானாக அகற்றப்பட்டு அல்லது வில்லையில் ஏற்படும் காயங்களில் உட்கவர்தல் ஏற்படும்போதும் வில்லை யின்மை தோன்ற ஒத்த ஒளிமுறிவின்மை ஏற்படு கிறது.

மாறுகண் உண்டாவதற்கும் இது தான் முக்கிய காரணம். இதனால் ஒரு கண்பார்வை, மாறி மாறிய பார்வை அல்லது இருவிழிப்பார்வை என மூன்று விளைவுகள் ஏற்படும். இருகண்களின் ஒளிமுறிவின் அளவு வேறுபாடு அதிகரிக்க அதனால் விழித்திரையில் ஏற்படும் உருவங்களின் அளவும் அதிகமாக வேறுபடு கிறது. வேறுபாடு 0.25 டி ஆனால் உருவங்களின் வேறுபாடு 5% அதிகமாகிறது. பொதுவாக இரு கண்களுக்கு இடையே உள்ள ஒளிமுறிவின் வேறுபாடு 6 டி க்குமேல் மிகுதியாகிவிட்டால் இருவிழிப்பார்வை கிடைக்காமல் போய்விடும். இரண்டு உருவங்களும் ஒரே அளவாயிருந்தால் அவை ஒன்றுக்கொன்று மேலடுக்கப்பட்டு இருவிழிப்பார்வையின் பண்புகளான உருவங்களின் அகலம், உயரம், ஆழம் ஆகிய முப் பரிமாணங்களையும் உணர முடிகிறது. மேலும் இரண்டு கண்களின் ஏற்பமைவும் ஒரே அளவு உள்ளதாலும் ஒரு கண்ணின் உருவம் சற்றுத் தெளி வாக இருப்பதில்லை. இந்த இருகண்களில் ஒரு கண் அண்மைப்பார்வை, மற்றது தூரப்பார்வையாயிருந் தால் பார்வையின் தூய்மைக்கு ஏற்ப ஒன்று அருகில் உள்ள பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கும் மற்றது தொலைவில் உள்ளதைப் பார்ப்பதற்கும் பயன்படும். இது மாறி மாறிப் பார்வை எனப்படும். இந்த அளவு ஒரு கண்ணில் மிக அதிகமாயிருந்து அதுவும் சிறு குழந்தையிடமாயிருந்தால் அக்குழந்தை நல்ல பார்வை உள்ள கண்ணால் மட்டும் பார்த்து அதை மட்டும் பயன்படுத்திக் கொண்டு, பார்வைத் தெளி வில்லாத கண்ணைப் பயன்படுத்தாமல் விட்டுவிட நாளடைவில் அந்த கண் பார்வையின்மை நிலையை அடையும்.

மருத்துவம். இதற்குச் சரியான மூக்குக் கண்ணாடி போடவேண்டும். இரண்டு கண்களையும் நன்றாக ஆய்வு செய்து அதன் ஒளிமுறிவுத் தன்மைக்கேற்ற சரியான வில்லை கொடுத்து விழித்திரையில் உரு வங்கள் நன்றாக விழுமாறு சரி செய்யவேண்டும். இரு கண்களும் ஒளிமுறிவு வேறுபாட்டுக் குறைவுடன் இருந்தால் இந்த மருத்துவம் மிகவும் பயன் அளிக் கும். ஒரு கண்புரை எடுத்தவர்களுக்கு அதிக அளவுள்ள குவிவில்லையைப் பயன்படுத்த நேரிடும். அப்போது அந்த வில்லையின் ஒளித்திரை மூலம் உருவங்களைப் பார்க்கும்போது பட்டகத்தின் மூலம் பார்க்கும் ஒளிமுறிவுத்தன்மைகள் ஏற்படும். ஆகவே தான் இவர்களுக்கு மூக்குக் கண்ணாடி அணியக் கொடுப்பதில்லை.

குழந்தைகளுக்கு, முக்கியமாகக் கண்களின் பார்வையை முழுதுமாகச் சீர் செய்து கண்ணாடி கொடுத்து அவர்களை எப்போதும் அணியச் சொல்ல வேண்டும். வயது அதிகம் உடையவர்களுக்குச் சிறிது அளவு குறைந்த மூக்குக் கண்ணாடி அணியக் கொடுக்க லாம். இவர்களுக்குப் பட்டகம் அமைத்த வில்லைகளை கொடுத்து இருவிழிப்பார்வையை ஏற்படுத்தலாம். தூரப்பார்வைக்குத் தனியாகவும் படிப்பதற்குத் தனி யாகவும் என இரு மூக்குக் கண்ணாடிகள் கொடுக்க லாம். மாறி மாறிப் பார்வை உள்ளவர்கள் அதாவது ஒரு கண் மிகை நீளப்பார்வை மற்றது அண்மைப் பார்வை உள்ளவர்கள் இதன் மூலம் ஒன்றைத் தூரப் பார்வைக்கும் மற்றதைக் கிட்டப்பார்வைக்கும் பயன் படுத்துமாறு கூறலாம். தற்சமயம் அறுவை மருத்துவம் செய்யப்படுகிறது. இதன்மூலம் விழிவெண்படலத்தி லிருந்து ஒரு பகுதியை எடுத்து, குளிரவைத்து, அதைத் தேவைப்படும் அளவுக்கு இழைத்து மீண்டும் அதைக் கண்விழி வெண்படலத்துடன் இணைத்து விடு கின்றனர்.

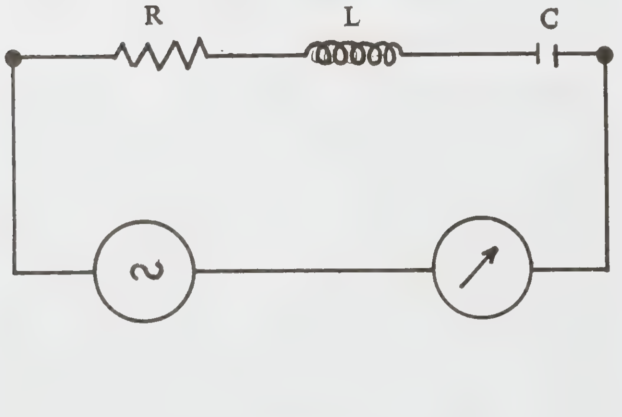
ஒத்ததிர்வு (மாற்றுமின் சுற்று)

ஒரு மாற்றுமின் சுற்றில் (a. c. circuit), நிலையாற்றலிலிருந்து (potential energy) இயக்க ஆற்றலாகத் தொடர்ந்து மாற்றமுறும் ஆற்றல் அலைவை ஒத்ததிர்வு அல்லது ஒத்திசைவு (resonance) எனலாம்.

ஒரு மின் சுற்றில், மின் தேக்கியில் உள்ள நிலையாற்றல் கொண்ட மின்னூட்டத்திற்கும், மின் நிலைமத்தில் உள்ள இயக்க ஆற்றல் கொண்ட மின்னோட்டத்துக்கும் இடையே அலைவு ஏற்படுகிறது. மின் சுற்றின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண் (resonant frequency), சுற்றிலுள்ள மின் நிலைமம் (L) மின்தேக்கு திறன் (C) ஆகியவற்றின் மதிப்பைச் சாரும். இவ்வொத்திசைவு அதிர்வெண்ணை $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ என்னும் சமனால் குறிப்பிடலாம்.

மின் நிலைமம், மின்தேக்கி, மின்தடை ஆகியவற்றை இணைக்கும் சுற்று LCR சுற்று எனப்படும். இம்மூன்றையும், தொடர் இசைவுச் சுற்று (series resonant circuit) பக்க இசைவுச் சுற்று (parallel resonant circuit) ஆகியவற்றின் மூலம் இணைக்கலாம்.

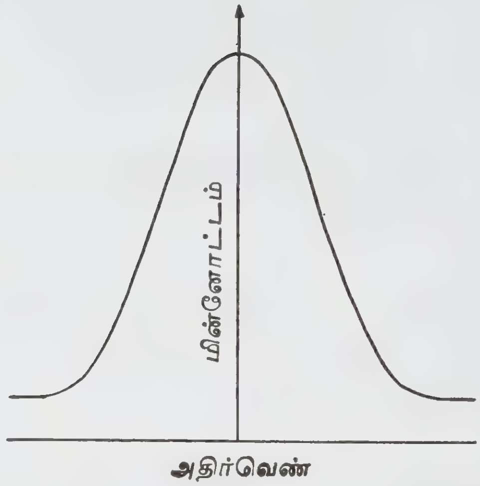
தொடர் இசைவுச் சுற்றின் படம் 1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



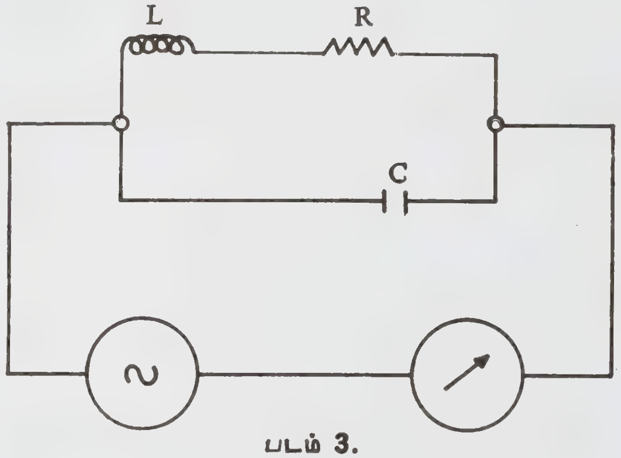
தொடர் இசைவுச் சுற்று

இச்சுற்றில், அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மின்னோட்டம் மாற்றம் பெறுவது படம் 2இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

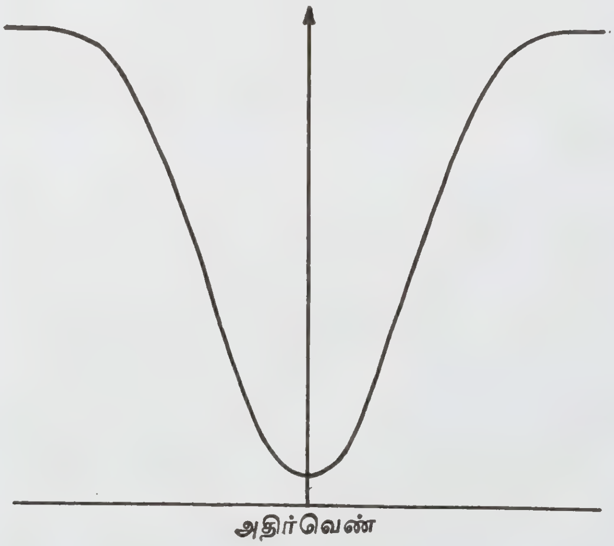
இதில், ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணில் பெரும மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு மின் சுற்றில் அமைந்த



படம் 2



படம் 3.



படம் 4.

மின்தடையின் அளவைச் சார்ந்திருக்கும். பக்க இசைவுச் சுற்று படம் 3இலும் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மின்னோட்டம் மாற்றம் பெறுவது படம் 4இலும் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதில் மின்சுற்று ஒத்திசைவு அதிர்வெண்ணில் பெருமத்தடையை அளித்து மின்னோட்டத்தைத் தடை செய்கிறது. எனவே, இதன் செயற்பாங்கு தொடரிணைப்பு முறைக்கு முற்றிலும் மாறுபட்டது. தேவையற்ற குறியீடுகளை ஒதுக்க இச்சுற்று பயன்படுகிறது.

ஒத்ததிர்வு கட்ட ஒத்ததிர்வு (phase resonance), வீச்சு ஒத்ததிர்வு (amplitude resonance), இயல் ஒத்ததிர்வு என மூவகைப்படும். ஒரு சுற்றில் நுழையும் சைன் வடிவ (sinusoidal) மின்னோட்டத்திற்கும், சுற்றின் இரு முனைகளுக்கிடையே தோன்றும் சைன் வடிவ மின்னழுத்தத்திற்கும் இடைப்பட்ட கட்டம் (phase) எந்த அதிர்வெண்ணில் சுழியாகிறதோ அதைக் கட்ட ஒத்ததிர்வு எனலாம்.

ஒரு சைன் வடிவ மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தம் இசைவுச் சுற்றில் மின்னூட்டப் பெரும அலைவை எந்த அதிர்வெண்ணில் தோற்றுவிக்கிறதோ அதை வீச்சு ஒத்ததிர்வு என்று கூறலாம். வெளி விசைக் கிளர்ச்சி இல்லாதபோது இசைவுச் சுற்றின் அதிர்வு, இயல் ஒத்ததிர்வு எனப்படும்.

ஆற்றல் இழப்பு மிகக் குறைவாக உள்ள சுற்றுகளில் இம்மூவகைச் சுற்றுகளின் அதிர்வெண்கள் சமமானவை. எனவே அவற்றைப் பிரித்தறியத் தேவை இல்லை. வெற்றிடக் குழாய், டிரான்சிஸ்டர் ஆகியவற்றுடன் LCR சுற்றைத் தக்கமுறையில் இணைத்து அவற்றை இசைவுச் சுற்று அலையியற்றிகளாகச் (resonant circuit oscillators), செயல்பட வைக்கலாம். மின்னணுவியல் பெரும்பங்கு பெறும் இவ்வலை இயற்றிகள் மீயொலிகள் (ultrasonic waves) தோற்றுவிக்கவும் பயன்படுகின்றன.

வானொலி ஏற்பிகளிலும், பரப்பிகளிலும் இசைவுச் சுற்றுகள் (tuning circuits) மூலம் ஒரு குறியீடு பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. இசைவுச்சுற்று ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் அல்லது மிகக் குறுகிய அதிர்வெண் பட்டைக்கு மட்டுமே ஒத்துணர்வு உடையதாக இருக்கிறது. எனவே குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின்னோட்டம் மட்டும் சுற்றின் மூலம் அனுமதிக்கப்படும்.

உலகின் பல பகுதிகளிலும் உள்ள ஒலிபரப்பு நிலையங்கள் பல குறியீடுகளை ஒலிபரப்புகின்றன. ஒவ்வொரு நிலையமும் அதற்கென ஒதுக்கப்பட்ட அதிர்வெண்ணுக்குப் பரப்பியை இசைவு செய்யும். ஏற்பி கேட்போரின் விருப்பத்திற்கேற்ற நிலையத்திற்கு இசைவு செய்யப்பட வேண்டும்; அதாவது தேவையான வானொலி நிலையத்திற்கெனக் குறிப்பிடப்பட்ட அதிர்வெண்ணைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இதற்குத் தொடர் இசைவுச் சுற்றுகள் பயன்படுகின்றன. சுற்றின் தேவையான அதிர்வெண்ணுக்கு ஒத்துணர்வு செய்ய மாறுமின்னேற்பி (variable capacitor) பயன்படுகிறது. இதன் மின்தேக்கு திறனை மாற்றுவதன் மூலம் தேவையான ஒத்ததிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

செய்தித் தொடர்பில் தேவையான அதிர்வெண்ணைக் கடத்துவதிலும், தேவையற்ற அதிர்வெண்ணைத் தடுப்பதிலும் ஒத்ததிர்வு முக்கிய இடம் பெறுகிறது. ஒத்ததிர்வுத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி, தொலைபேசியின் இரட்டைக் கம்பிகள் மூலம் ஒரே நேரத்தில் பல செய்திகளை அனுப்ப இயலும். ஒவ்வொரு செய்தியும் ஒரு தனி ஊர்தி அதிர்வெண்ணால் (carrier frequency) பண்பேற்றம் (modulation) பெற்று, ஏற்பு முனையில் ஒத்ததிர்வு வடிப்பான்கள் (resonant filters) மூலம் பிரித்தறியப்படும்.

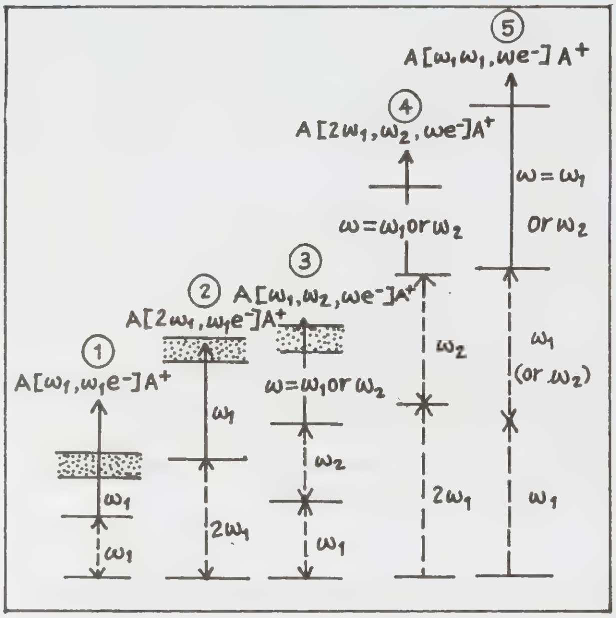
- மூ.நா. சீனிவாசன்

ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியல்

அலை நீளத்தை மாற்றக்கூடிய ஒளி மூலங்களைப் பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட அணு அல்லது மூலக்கூறிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றி அவற்றின் அணுவையும் மூலக்கூறு நிறமாலைகளையும் ஆராயும் முறை ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியல் எனப்படுகிறது. லேசரை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியல் முறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் விகித எண்ணி (proportional counter) போன்ற அயனியாக்கத் துலக்கிகள் பயன்படுகின்றன. அவற்றால் ஒற்றை அணுக்களைக்கூடக் கண்டுபிடித்து விட முடியும். இயற்பியல், வேதியியல், கடலியல், சுற்றுச்சூழல் அறிவியல் போன்ற துறைகளில் ஒத்ததிர்வு அயனியாக்கம் நிறமாலைக் கருவிகளும் ஒற்றை அணுத்துலக்கிகளும் பலவிதமான பணிகளில் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றன.

ஓர் அணு அல்லது மூலக்கூறின் மேல் ω என்ற கோண அதிர்வெண்ணுள்ள ஃபோட்டான்கள் அடங்கிய ஒளி படுவதாக வைத்துக்கொண்டால், அந்தப் ஃபோட்டான்கள் ஒவ்வொன்றும் $h\omega/2\pi$ என்ற ஆற்றல் கொண்டிருக்கும். ஓர் அணுவின் சிறும ஆற்றல் நிலைக்கும் அதன் ஏதாவது ஒரு கிளர்வுற்ற நிலைக்கும் இடையிலுள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு $h\omega/2\pi$ என்ற அளவுக்குச் சரியாகச் சமமாக இருக்கும்போது அந்த அணு ஒரு ஃபோட்டானை உட்கவர முடியும்.

படம் 1 இல் **A** என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட அணுவைக் கிளர்வூட்டும் அளவிலான அதிர்வெண்ணுள்ள ஒளி



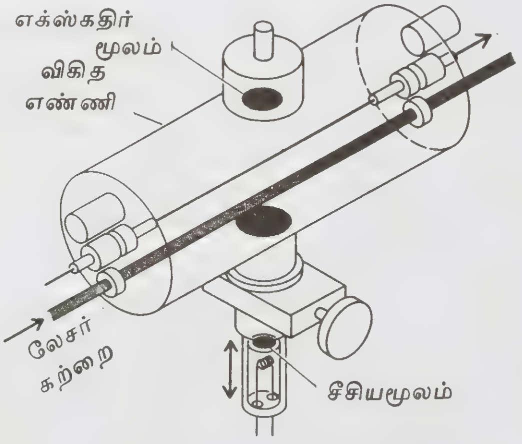
படம் 1.

அந்த அணுவின் மேல் செலுத்தப்படுகிறது. அந்த ஒளி மூலம் மிகச் சிறிய பட்டை அகலமுள்ள நெடுக்கத்தில் அதிர்வெண்களை மாற்றக்கூடிய துடிப்பு (pulsed) லேசராக இருந்தால், பிற வகை அணுக்களை அந்த ஒளி ஃபோட்டான்கள் கிளர்வூட்டா. ஆனால் முதலிலேயே கிளர்வு நிலையிலிருக்கிற அணுக்கள் மேலும் கிளர்வேற்றப்பட்டு அயனியாக்கத் தொடர்பு (ionisation continuum) நிலைக்குத் தள்ளப் பட்டுத் தம் எலெக்ட்ரான்களை இழந்து விட முடியும்.

அணுக்களின் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் (ionisation potential) $\frac{2h\omega_1}{2\pi}$ என்ற அளவை விடக் குறைவாக இருந்தால்தான் இவ்வாறு நிகழ முடியும். இறுதியான அயனியாக்கப்படி ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு மேல் ஆற்றலுள்ள எந்த ஒரு ஃபோட்டானாலும் நிகழ்த்தப்பட முடியும் என்றாலும், முழுச் செயல் முறையும் ஓர் ஒத்ததிர்வுச் செயல்முறையே. எக்ஸ்கதிர்கள், கதிரியக்கக் கதிர்மூலங்கள் போன்ற அயனியாக்க நிறமாலை முறையில் படு ஒளி ஃபோட்டான்களின் அதிர்வெண்ணுடன் ஒத்ததிர்வு செய்யக்கூடிய அணுக்கள் அயனியாக்கம் செய்யப்படுகின்றன. புதிய துடிப்பு லேசர் கருவிகள் ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியலுக்கு மிகவும் ஏற்ற அதிர்வெண் மாற்றக்கூடிய மூலங்களாக உள்ளன. குறிப்பிட்ட வகையைச் சேர்ந்த ஒவ்வோர் அணுவிலிருந்தும் ஓர் எலெக்ட்ரானை நீக்கும் அளவுக்கு வேண்டிய ஒளியை அவை ஒவ்வொரு துடிப்பிலும் அளிக்கின்றன. 10^{-6} நொடி நீடிக்கிற ஒவ்வொரு துடிப்பிலும் 100 மில்லி ஜூல் ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான்களை வெளியிடுகிற ஒரு லேசர் மூலத்தை, ஒரு சென்டிமீட்டர் விட்டமும் பல மீட்டர் நீளமும் உள்ள ஒரு குழாயில் அடங்கியுள்ள குறிப்பிட்ட வகையைச் சேர்ந்த, அணுக்களாலான வளிமத்தில் உள்ள ஏறக்குறைய அனைத்து அணுக்களையுமே அயனியாக்கம் செய்யும் வகையில் அதிர்வெண் இசைவு (tuning) செய்ய முடியும்.

1-ஆம் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பல லேசர் திட்டங்களைப் பயன்படுத்தலாம். அணுக்கரு வினைகளைக் குறிப்பிடப் பயன்படும் வழக்கமான குறியீட்டு முறையில், மேலே விவரித்த இரு கட்டச் செயல் முறையை $A[\omega_1, \omega_1 e^-]A^+$ என்று குறிப்பிடலாம். லேசர் கற்றையின் அதிர்வெண்ணை $2\omega_1$ என்ற அளவில் இசைவு செய்து வைத்தால் இரண்டாம் திட்டப்படி ஒரு லேசரை மட்டும் பயன்படுத்தினால் போதுமானது. 3,4,5 ஆகிய திட்டங்களில் ω_1, ω_2 என்ற இரு அதிர்வெண்களில் ஃபோட்டான்களை அளிப்பதற்காக இரு லேசர்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கும். இந்த ஐந்து திட்டங்களைப் பயன்படுத்தினாலே ஹீலியம், நியான் ஆகியவற்றைத் தவிர பிற தனிமங்களைத் தேர்வுத் தன்மையில் அயனியாக்கம் செய்து ஆராய முடியும்.

ஒற்றை அணுத் துலக்கம். ஒரு விகித எண்ணியின் மூலமாக ஒரு லேசர் துடிப்பை நேரடியாக அனுப்புவதன் மூலம், ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியலின் சாதாரணமான உணர்வு நுட்பமும், உயர்ந்த தேர்வுத்தன்மையையும் மெய்ப்பித்துக் காட்டப் பட்டுள்ளன (படம் 2). 1949 இல் குர்ரான், ஆங்கஸ் காக்ராப்ட் ஆகியோர் விகித எண்ணியைப் பயன்படுத்தி வெப்பமட்ட ஆற்றலுள்ள எலெக்ட்ரான்களை (thermal electrons) ஒவ்வொன்றாக எண்ண முடியும்



படம் 2.

என்று காட்டினர். எனவே லேசரைப் பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட வகையைச் சேர்ந்த அணுக்களில் ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானை நீக்க முடிந்தால், ஒற்றை அணுத்துலக்கம் செய்ய முடியும். விகித எண்ணிகளில் 90 பங்கு ஆர்கானும் 10 பங்கு மீத்தேனும் கலந்த கலவைகள் வழக்க மாக நிரப்பப்படுகின்றன. 455.5 நானோமீட்டர் அலை நீளத்திற்கு இசைவு செய்யப்பட்ட துடிப்பு லேசரைப் பயன்படுத்தி விகித எண்ணியிலுள்ள வளி மத்தில் பின்னணி அயனியாக்கம் ஏற்படுத்தாமலேயே, ஒரே ஒரு சீசியம் அணுவைக்கூடக் கண்டுபிடித்து விட முடியும்.

ஒரு மூல (தாய்) அணு சிதையும்போது வெளிப் படும் சேய்அணு தனியாகப் பறந்து வருவதைக் காலப்பகுப்புத் தன்மையில் கண்டுபிடிப்பது பிறி தொரு முக்கியமான ஒற்றை அணுத்துலக்க முறை யாகும். அணுவிலிருந்து பிளவின் சிதைவு காரண மாக வெளிப்படும் ஒற்றைச்சீசிய அணுவைக் கண்டு பிடிக்க முடியும் எனக் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இந்தப் பிளவின்போது விடுவிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஒரு குறியீட்டை உண்டாக்கியது. அந்தக்குறியீடு ஒரு லேசரைத் தொடங்கி வைத்தது. அந்த லேசர் துடிப்பு $C_s\ [\omega_1,\ \omega_1\, \bar{e}]\ C_s^{+}$ என்ற ஒத்ததிர்வு அதிர் வாக்க நிறமாலைச் செயல் முறையை நடத்தி வைத்தது. இந்த ஆய்வு வெற்றியடைந்ததிலிருந்து தாய் அணுக்கள் சிதைவு அடைகிற அதே வேளையில் ஒன்றிப்பு முறையில் சிதைவு விளைபொருள்களான சேய் அணுக்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியும் என்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. கதிரியக்கச் சிதைவுகளின் போது வெளிப்படும் பெரும்பாலான சேய் அணுக் களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு இம்முறை பயன்படலாம். இம்முறையில் குறைந்த ஆற்றல் நிலை எண்ணும் கருவிகளில் பின்னணி ஓசையைத் தேவையான அளவில் குறைக்க முடிகிறது.

பயன்கள். சில அணுக்களே இருந்தாலும் அவற் றின் எண்ணிக்கையை ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிற மாலை முறைகளின் மூலம் கண்டுபிடிக்க முடிகிறது. இதன் காரணமாக இதுவரை விடை காண இயலாத சில பழங்கொள்கை வேதியியற்பியல் கணக்கு களுக்குத் தீர்வு காண்பது எளிதானது. தனிப்பட்ட அணுக்கள் மற்ற அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறு களின் ஊடாக விரவி வருவதை நுணுக்கமாக அள விட முடிவதால் அடிப்படையான விரவல் சமன் பாடுகளைக் கால (time) மண்டலங்களிலும், இட (space) மண்டலங்களிலும் விவரமாக ஆய்ந்து பார்க்க முடியும். கார அணுக்களைப்போன்ற முனைப் பான வினை செய்யும் பொருள்கள் பிற அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுடன் வினை செய்யும் வீதங்களை அளவிட ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிற மாலையியல் முறைகள் உதவுகின்றன. இத்தகைய ஆய்வுகளுக்கு ஒருசில அணுக்களே தேவை. எனவே கருவிகளில் ஏற்படும் அரிமானம், சிக்கலான வேதி வினைப் பொருள்கள் தோன்றுவது ஆகியவற்றால் உண்டாகும் பல சிக்கல்கள் தவிர்க்கப்படுகின்றன, குறைந்த அணுக்களை வைத்துக் கொண்டே அவற்றின் புள்ளியியல் நடத்தைகளைக் கண்டறிய முடிந்திருக் கிறது.

ஒற்றை அணுத் துலக்க முறைகளின் மூலம் மிக அரிதாக நிகழும் நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டறிய முடியும். சூரியனிலிருந்து வரும் நியூட்ரினோக்கள் இத்தகைய அரிய நிகழ்வுகளாகும். சூரியனைப் பற்றிய சித்திரிப்பு மாதிரிகளையும், நியூட்ரினோ இயற்பியல் தத்துவங் களையும் சரிபார்க்கச் சூரியனிலிருந்து வரும் நியூட்ரினோக்களை அளவிடுவது முக்கியமான தேவையாகும். ஒரு மாபெரும் தொட்டியைச் சூரியக் கதிர்கள் படுமாறு நெடுங்காலம் வைத்திருந் தாலும் நியூட்ரினோக்கள் அந்தத் தொட்டியில் ஒரு குறிப்பிட்ட வகையைச் சேர்ந்த 100 அணுக்களை மட்டுமே உண்டாக்கலாம். தொடக்கத்தில் செய்யப் பட்ட ஆய்வுகளின்போது தொட்டிகளில் குளோரின் -37 மிகுந்திருந்த ஊடகங்கள் வைக்கப்பட்டன. குளோரின் - 37 அணு நியூட்ரினோவைப் பிடித்துக் கொண்டு ஆர்கான்-37ஆக மாறும் என எதிர்பார்க் கப்பட்டது. அது கதிரியக்கமுடையது; வழக்கமான கதிரியக்க அளவீட்டு முறைகளின் மூலம் இத்தகைய ஆர்கான்-37 அணுக்களைக் கண்டுபிடித்து எண்ண முடியும். ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியலும் ஒற்றை அணுத்துலக்க முறைகளும் வளர்ச்சி பெற்ற பிறகு பலவகை ஊடகங்களை நியூட்ரினோ இலக்கு களாகப் பயன்படுத்த முடியும். எடுத்துக்காட்டாக லித்தியம் நிரம்பிய இலக்குத் தொட்டியில் நியூட்ரி னோக்கள் பெரில்லியம்-7 அணுக்களை உண்டாக்கு கின்றன. அது சிதைந்து மீண்டும் லிதிய அணுக்கள் உண்டாகும். தாய் அணு சிதைவதையும் சேய் அணு வெளிப்படுவதையும் கால ஒன்றிப்பு முறைகளில் துலக்க முடியும்.

புரோமின் மிகுந்த இலக்குகளில் நியூட்ரினோக்கள் பிடிக்கப்படும்போது கிரிப்டான்-87 அணுக்கள் உண்டாகின்றன. அவை கதிரியக்கம் உடையவை. ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலை உத்திகளின் மூலம் கிரிப்டான் - 87 சிதைவதற்கு முன்பே அதை நேரடியாக எண்ணி விட முடிகிறது. வலிவற்ற இடை வினை இயற்பியல் தொடர்பான பல கணக்கு களுக்கு விடை காணவும் ஒற்றை அணுதுலக்க முறைகள் உதவுகின்றன. மெசான்களுக்கும் அணுக் கருக்களுக்கும் இடையிலான சில மோதல்கள் மிகவும் குறைந்த நிகழ்வாய்ப்பு உள்ளவை. எனவே அவற்றின் இடைவினைகளின்போது சில விளைபொருள் அணுக் களே உண்டாகும். அவற்றை ஒத்ததிர்வு அயனி யாக்க உத்திகளின் மூலம் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

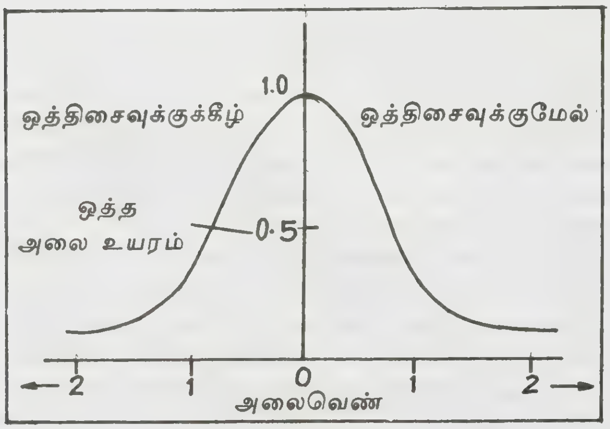
கடலியலில் கடல் நீர்ச் சுற்றோட்டங்களை ஆராய உதவுகிற தடம் காட்டியாக ஆர்கான் - 37 பயன்படுகிறது. இயல்பான சுற்றுச்சூழலில் கிரிப்டான் 81 இன் அளவைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலம் துருவப் பகுதியின் பனிமுடிகள், தரையடித் தண்ணீர்த் தேக்கங்கள் ஆகியவற்றின் வயதைக் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஒத்திசைவு

ஒவ்வோர் இயக்கமும் தானாகவே இயற்கையாக அலையும் அலைவெண்ணைக் கொண்டது. எந்திரவியல் இயக்கங்களும், மின் சுற்றுகளும் இயற்கையான அலைவெண்ணைக் கொண்டுள்ளன. எந்த ஓர் இயக்கமும் வெளி ஆற்றல்களால் அலையும் தன்மை கொண்டது. வெளி ஆற்றல்களும் அலையும் தன்மையைக் கொண்டிருந்தால் ஒவ்வோர் இயக்கமும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணில் அதாவது ஆற்றலின் அலைவெண் இயக்கத்தின் இயற்கையான அலைவெண்ணுடன் ஒத்துப்போகும்போது ஒத்திசைவு (resonance) ஏற்படுகிறது.

ஒத்திசைவில் ஏற்படும் மாற்றங்கள். ஓர் இயக்கம் வெளி ஆற்றல்களால் அலைக்கப்பட்டு ஒத்திசைவு ஏற்படும்போது இயக்க அலைவெண் உயரம் (amplitude) மிகு உயரத்தை அடைகின்றது. ஒத்திசைவை விட்டு நீங்கும்போது அலையின் உயரம் மிக விரைவில் குறைகின்றது. படம் 1 இல் காட்டப்பட்டது போல் அலையின் உயரம் மாறுபாடடைகிறது. ஒத்திசைவு எந்திரவியலிலும், மின்னியலிலும், ஒலியியலிலும் ஏற்படும். ஒவ்வோர் இயக்கத்திலும் அளவுகளே மாறுபடும். ஒத்திசைவு ஏற்படும் அலைவெண்ணில் ஒவ்வோர் இயக்கமும் மிகை ஆற்றலைச் செலவழிக்கின்றது. ஓர் இயக்கத்தில் ஒத்திசைவை



படம் 1. ஒத்திசைவு

ஏற்படுத்த, இயங்கவைக்கும் வெளி ஆற்றலை இயக்கத்தின் இயற்கையான அலைவெண்ணுக்குச் சரியான அலைவெண்ணைக் கொண்டதாகக் கவனமாகத் தூண்ட வேண்டும்.

மாறு மின் ஓட்ட மின் சுற்றுகளில் ஒத்திசைவு. மாறு மின்னோட்டம் கொண்ட மின்னியக்கத்தில் ஒத்திசைவு ஏற்படும். மின் சுற்றுகளிலுள்ள கொண்மிகள் (capacitors), தடைகள் (resistances) தூண்டங்கள் (inductance) ஆகியவற்றின் அளவை மாற்றினால் ஒத்திசைவு ஏற்படும். வெளிப்படையாகக் கொடுத்த மின் ஆற்றலின் அலைவுக்குத் தக்கவாறு மின்சுற்றின் இயற்கை அலைவெண்ணை மாற்றும் போது ஒத்திசைவு ஏற்படுகிறது. மூன்று வகையான ஒத்திசைவுகள் ஏற்படுத்த முடியும். ஒரு வகையான தறுவாய் ஒத்திசைவு (phase resonance), மின்னோட்டத்திற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தறுவாய்க் கோணத்தின் (phase angle) அளவைப் பூஜ்யமாக மாற்றும். ஒரு மின் சுற்றில் ஒத்திசைவு ஏற்படக் கொண்மிகள், தடைகள், தூண்டங்கள் ஆகியவற்றைத் தொடராகவும் (series), இணையாகவும் (parallel), தொடர்-இணையாகவும் (series parallel) இணைக்கலாம். இவ்வாறு இணைக்கப்படும்போது தொடர் ஒத்திசைவும் (series resonance) இணை ஒத்திசைவும் (parallel resonance)ஏற்படுகின்றன. இணைஒத்திசைவு குறைந்த அளவு மின் தடையை ஒத்திசைவின் போது கொடுக்கும்.

ஒத்திசைவின் பயன்கள். தொடர்பியலில் ஒத்திசைவு பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணைத் தேர்ந்தெடுத்து அனுப்ப ஒத்திசைவுச் சுற்றுகள் பயன்படும். ஆகவே ஒரே தொடர்பியல் வழி மூலம் மிகுதியான செய்திகளைப் பல்வேறு அலைவெண்களில் குறிப்பேற்றி (modulation) அனுப்பலாம். செய்திகளைப் பிரித்து வாங்குவதும் எளிதாகின்றது. ஒத்திசைவு வடிகட்டிகளைக் (resonant filters) கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணை எளிதாகப் பிரித்தெடுக்கலாம். ஒத்திசைவு பலவகையான இயக்கங்களிலும் ஏற்படும். மின்சுற்றுகளில் ஏற்படும் ஒத்திசைவைத் தொடர்பியலில் பயன்படுத்தலாம்.

- க.அர. பழனிச்சாமி

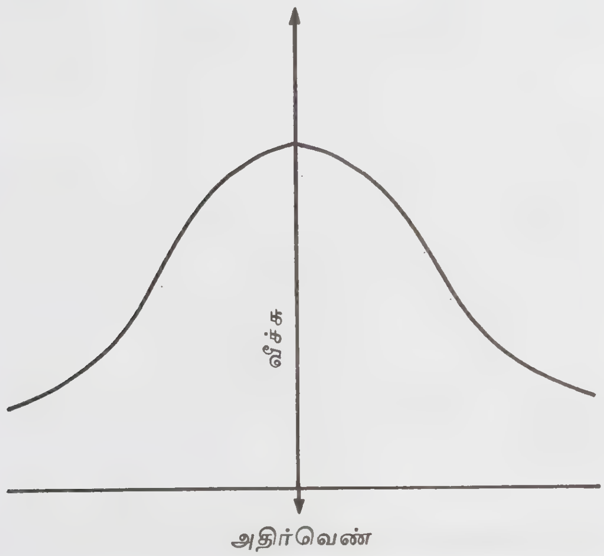
ஒத்திசைவு (ஒலியியல், எந்திரவியல்)

ஓர் எந்திரவியல் அல்லது ஒலியியல் அமைப்பின் மீது சீரிசை இயக்கப் புறவிசை (periodic external force) ஒன்றைச் செலுத்தும்போது, அமைப்பின் அதிர்வெண்ணும் புறவிசையின் அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருப்பின் அமைப்பின் வீச்சு பெருமமாகி ஒத்திசைவு (resonance) உண்டாகிறது.

அதிர்வுறும் ஒவ்வோர் அமைப்பும் ஓர் இயலதிர் வெண் கொண்டது. அவ்வமைப்பை அதிர்வடையச் செய்தால், அதன் வீச்சு சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து இறுதியில் அதிர்வு நின்று விடுகிறது. அதன் அலைவு களை நிலை நிறுத்த வேண்டுமானால், சீரிசை இயக்கங்கொண்ட ஒரு புறவிசையை அதன்மீது திணிக்க வேண்டும். சிறிது நேரத்தில் அவ்வமைப்பு புறவிசையின் அதிர்வெண்ணுடன் அதிர்வுறும். இது திணிப்பு அதிர்வு (forced vibration) எனப்படும். அமைப்பின் அதிர்வெண் புறவிசையின் அதிர் வெண்ணுக்குச் சமம் எனின், ஒத்திசைவு தோன்றி அமைப்பின் வீச்சு பெருமமாகிறது.

அதிர்வுற்ற ஓர் இசைக் கவையை நீர் கொண்ட ஒரு குழாயின் திறந்த முனையருகே வைத்து, நீர் மட்டத்தைச் சிறிது சிறிதாகக் குறைத்துக் கொண்டே வந்தால், குழாயில் உள்ள காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம் அதிகரித்துக் கொண்டே வரும். காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வெண்ணும் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும் நிலையில் ஒத்திசைவு ஏற்பட்டு ஒலி பெருமமாகக் கேட்கும்.

அதிர்வுறும் அமைப்பின் அலைவைக் காக்கப் புற விசையின் அதிர்வெண்ணைச் சிறுகச் சிறுக அதிகரித் தால் திணிப்பு அலைவுகளின்வீச்சுப்படத்தில் காட்டி யுள்ளது போல் பெரும நிலையை அடைந்து மீண்டும் குறையத் தொடங்கும். வீச்சு பெருமமாக இருக்கும் நிலையில் அதிர்வுறும் அமைப்பின் அதிர்வெண்ணும் புறவிசையின் அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும்.



இந்நிலையில் ஆற்றல் உச்ச நிலைக்கு அதிகரிக் கும். இந்நிகழ்ச்சிக்கு இசைவு செய்தல் (tuning) எனப் பெயர். புறவிசையின் அதிர்வெண் சிறிது மாறுபட்டாலும் ஒத்திசைவு பாதிக்கப்படும். அதிர்வுறும் அமைப்பின் வீச்சு மிக விரைவாகக் குறைந்தால் ஒத்திசைவு கூர்மையானது எனலாம். ஒத்திசைவுக் கூர்மைக்கு, அமைப்பின் ஒடுக்கல் எண் குறைவாக இருக்க வேண்டும். சுரஅளவி ஆய்வில் சுரஅளவிக் கூம்பின் ஒடுக்கல் எண் குறைவாக இருப்பதால் ஒத்திசைவு கூர்மையாக இருக்கிறது.

அதிர்வுறும் அமைப்பைப் பற்றி அறிவதற்கு ஒத்திசைவு அதிர்வெண் (resonant frequency) ஒத்திசைவுக் கூர்மை ஆகியவற்றை அறிந்திருக்க வேண்டும். ஓர் அதிர்வுறும் அமைப்பு ஒத்திசைவுக் கூர்மை பெற்றிருந்தால், கவனத்துடன் இசைவு செய்தல் வேண்டும். செந்தர அதிர்வெண் (standard frequency) கொண்ட ஒரு பொருள் ஒத்திசைவுக் கூர்மை பெற்றிருத்தல் முக்கியம். அப்போதுதான் அதன் உச்ச மதிப்பை எளிதில் கணக்கிட இயலும்.

சில இடங்களில் ஒத்திசைவு தேவையற்றது. இசையரங்குகளிலும், கலையரங்குகளிலும் நீக்கப்பட வேண்டிய சில குறைபாடுகளில் ஒவ்வாத ஒத்திசைவும் ஒன்று. அரங்கின் குழிவுப்பகுதி பொந்து சுவர் கூரையிலுள்ள மறைவிடம் இடுக்கு, அங்கே வைக்கப் பட்டிருக்கும் அழகுப்பொருள் தோரணம் போன்றவை அரங்கில் தோற்றுவிக்கப்படும் ஒலியோடு சேர்ந்து ஒத்திசைக்கும். இதனால் இசையின் இனிமையும் தரமும் பாதிக்கப்படும். அரங்கில் நிறைய திரைச் சீலைகளைத் தொங்கவிடுவதன் மூலம் ஒத்திசைவை நீக்கலாம்.

இசையை ஒலிப்பதிவு அல்லது ஒலிமீட்பு செய்யும் போதும், எந்த அதிர்வெண்ணில் ஒலிப்பதிவு அல்லது ஒலி மீட்பு செய்யப்படுகிறதோ அதைத் தவிர்த்த பிற அதிர்வெண்களில் அதிர்வுறும் அமைப்பின் ஒத்திசைவு இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும் அல்லது மிகவும் ஒடுக்கமுற்ற அமைப்புகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஒலியின் பண்பை அறிய ஒத்திசைவி (resonator) பயன்படுகிறது. ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்பார் வெவ்வேறு அடிப்படைச் சுரங்களைத் தோற்றுவிக்கக் கூடிய பல ஒத்திசைவிகளின் துணை யோடு இசைக்கருவி ஏற்படுத்தும் மேற்சுரங்களைப் பகுத்துணர்ந்தார்.

- மூ. நா. சீனிவாசன்

ஒத்திசைவு முடுக்கிக் கதிர்வீச்சு

மின்னேற்றம் பெற்ற துகள்களின் திசைவேகத்தைப் பல மடங்கு பெருக்கவல்ல ஓர் எந்திரம் ஒத்திசைவு முடுக்கி (synchrotron) ஆகும். துகள், எலெக்ட்ரானாக இருப்பின், அதை எலெக்ட்ரான் ஒத்திசைவு முடுக்கி என்பர். ஒத்திசைவு முடுக்கியில் இரண்டு புலன்கள் செயல்படுகின்றன. துகள்களை ஒரு குறிப்பிட்ட

வட்டப்பாதையில் செலுத்த ஒரு காந்தப் புலமும் துகள்களின் திசைவேகத்தை அதிகரிக்கும் வகையில் அமைந்த ஒரு மின்காந்தப்புலமும் தேவை.

வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு வட்டவடிவப் பெட்டியினுள், அதன் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக ஒரு காந்தப்புலம் செயல்படுகிறது. இந்தப் பெட்டியினுள் ஒரு கொத்து எலெக்ட்ரான்கள் முதலில் அனுப்பப்படுகின்றன. காந்தப்புலத்தின் செயற்பாட்டால், எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டப் பாதையில் செல்கின்றன. இவ்வாறு செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் ஒரு மின் காந்தப் புலத்தால் சிறிது சிறிதாக மிகுதியாக்கப்படுகிறது. வட்டப் பாதையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள், ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்கு வரும்போது அவற்றின் மின்காந்தப்புலம் செயல்படுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்தச் செயல்பாட்டால், ஒவ்வொரு சுற்று முடியும்போதும், எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் சற்று அதிகமாக இருக்கும். திசைவேகம் அதிகரிக்கும் போது, வட்டப்பாதையின் ஆரம் அதிகரித்து எலெக்ட்ரான்கள் வேறு பாதையில் செல்ல முயலும். ஆனால் எலெக்ட்ரான்கள் முன்பிருந்த பாதையிலேயே செல்லுமாறு காந்தப்புலம் சீர் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு மின்காந்தப்புலமும் காந்தப் புலமும் ஒன்றுக்கொன்று ஒருங்கிணைந்து செயல்படுவதால் இந்த முடுக்கி ஒத்திசைவு முடுக்கி எனப் படுகிறது.

ஒத்திசைவு முடுக்கி இருவகையில் மிகவும் பயனுடையதாக அமைகிறது. அளப்பறிய திசைவேகத்தைப் பெற்ற வலிமை வாய்ந்த துகள்கள் அணுக்கருக்களைச் சிதைப்பதற்குப் பெரிதும் உதவுகின்றது. வட்டப்பாதையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அளப்பரியதாக இருப்பதால் முடுக்கத்தால் அவை வெளியிடும் கதிர்வீச்சு மிகவும் வலிமையுடன் இருக்கும். இந்தக் கதிர்வீச்சை ஒத்திசைவு முடுக்கிக் கதிர்வீச்சு எனலாம். இது தொடர்ச்சியாக இல்லாமல், மின்காந்தத் துடிப்புகளாக ஒன்றன்பின் ஒன்றாக வெளிவரும். மேலும் வீச்சு முனைவாக்கப்பட்ட (polarised) அதிர்வுகளைக் கொண்டதாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இதில் அகச்சிவப்பிலிருந்து எக்ஸ்கதிர்கள் வரை மின் காந்த அலைகள் உள்ளன. இந்தக் கதிர்வீச்சில் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் (λ) உடைய ஒளித்துகள்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடப் பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

$$N(\lambda) = 2.46\ GE\left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^3 \times 10^{10}$$

துகள்/செ/மில்லிரேடியன்

G = முடுக்கியின்அமைப்புத்தொடர்பான ஓர் எண்

E = எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல்

$\lambda_c = 5.6\ R/E^3$ (R = எலெக்ட்ரான்கள் செல்லும் வட்டப் பாதையின் ஆரம்)

ஒத்திசைவு முடுக்கியிலிருந்து வெளிவரும் ஒவ்வொரு மின்காந்தத் துடிப்பின் கால அளவும் மிக மிகக் குறைவாக அமைகிறது. இந்தக் குறைந்த கால அளவே (.2—.3 நானோ நொடி வரை) இதன் தனிச்சிறப்பாகவும் ஆகிறது. சில அறிவியல் ஆய்வுகளில் இவ்வாறு குறைந்த கால அளவுடைய மின் காந்தத் துடிப்புகள் மிகவும் பயனுடையனவாக அமைகின்றன. இக்கதிர்வீச்சில் வெளிப்படும் வலிமை வாய்ந்த எக்ஸ்-கதிர்களைக் கொண்டு படிகங்களில் அணு அமைப்பை ஆராயலாம். மேலும் புற ஊதா கதிர்களைக் கொண்டு மூலக்கூறுகளின் தன்மைகளையும் அமைப்புகளையும் ஆய்வு செய்யலாம். இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல் மற்றும் பல துறைகளில் ஒத்திசைவு முடுக்கிக் கதிர்வீச்சுகளைப் பயன்படுத்த பற்பல வாய்ப்புகள் உள்ளன.

- ந. நமசிவாயம்

ஒத்திணக்கங்காட்டி

இது இரு மாறுமின்னோட்ட மூலங்கள் அல்லது மாறு மின்னழுத்த மூலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நேர கட்ட மாறுபாடின்றி (phase difference) ஒத்து இயங்குகின்றனவா என்பதைக் காட்டும் கருவி ஆகும். பலவகை ஒத்திணக்கங்காட்டிகள் உள்ளன. ஒரு வகையில், சுழலுமாறு அமைந்த முள், மூலங்களுக்கிடையே உள்ள நேரகட்டமாறுபாட்டின் கணமதிப்பைக் காட்டுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. முள்ளின் சுழல் வேகம் மூலங்களின் அலைவெண் மாறுபாட்டைக் குறிக்கும். சுழலும் திசை எந்த மூலத்தின் அலைவெண் மிகுதி என்பதைக் குறிக்கும்.

புதுவகை ஒத்திணக்கங்காட்டிகளில் எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்கள் அளவு காட்டப் பயன்படுகின்றன. ஒத்திணக்கங்காட்டி என்னும் சொல், மிகக்குறைந்த நேரத் துடிப்புகளைக் காட்டும் சிறப்பு எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்களைக் குறிக்கப் பயன்படுகின்றது. இவ்வகை எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்களில், குறைந்த நேர குறியீட்டுத் துடிப்புகளைக் காண மிகுவேக இழுப்புக் குறியீடுகள் (sweep signals) பயன்படுகின்றன.

- வெ. ஜோசப்

ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கி

அடிப்படைத் துகள்களின் தன்மைகள் அவற்றிற்கிடையே செயல்படும் இயற்கை விசைகளின் பண்புகள்

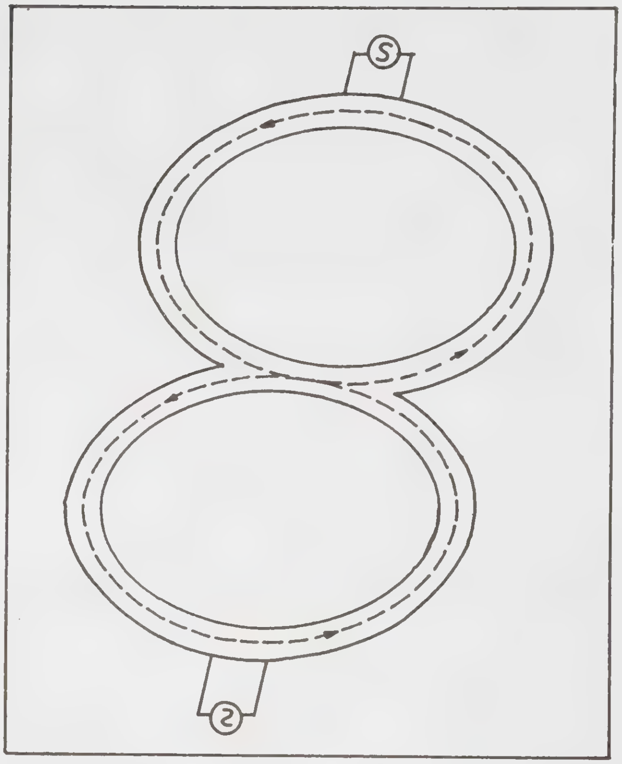
ஆகியவை பற்றி அறியத் துகள்களை முடுக்கி ஓர் இலக்கோடு மோதச் செய்ய வேண்டும். இதற்குத் துகள் முடுக்கும் பொறிகள் பயன்படுகின்றன. நிலை மின் முடுக்கி (electro static accelerators), நேர் கோட்டுத் துகள் முடுக்கி (linac), சைக்ளோட்ரான் (cyclotron), மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி (synchro cyclotron), பிவாட்ரான் (bevatron), மாறு காந்தப் புலப் புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கி, பீட்டாட்ரான் (betatron) போன்ற பலவித முடுக்கிகள் பயனில் உள்ளன.

மிகைக் கடத்தும் காந்நங்களை (super conducting magnets) கொண்டு டிவாட்ரான் (tevatron - trillion electron volt accelerator) என்னும் மிகு ஆற்றல் முடுக்கிகளும் உருவாக்கப்பட்டு வருகின்றன. இவை அனைத்திலும் மின்னூட்டத் துகள் ஒரு முடுக்குப் புலத்தால் தொடர்ந்து ஆற்றலூட்டப்பட்டு இறுதிபில் நிலையான இலக்கோடு மோதும்படிச் செய்யப்படுகிறது. இத்தகைய முடுக்கிகளில் ஒரு பொதுவான குறைபாடு உள்ளது. உயர் ஆற்றல் எறி துகள்களை நிலையான இலக்கோடு மோதுதலுக்கு உட்படுத்தும்போது ஆற்றலின் தேவையான ஒரு பகுதி இலக்கின் இயக்கத்திற்காகச் செலவழிக்கப்பட்டு விடுகின்றது. அதனால் மோதலிடை வினைக்கு ஊட்டப்பட்ட ஆற்றல் முழுதும் கிடைக்காமல் போய் விடுகின்றது. இவ்வாறு இழக்கப்படும் ஆற்றல் மோதும் எறி துகளின் நிறையோடு ஒப்பிட, மோதப்படும் துகளின் நிறை எவ்வளவு மிகுதியாக உள்ளதோ அவ்வளவு குறைவாக இருக்கும். மாறாக மோதும் எறிதுகளின் நிறை, இலக்கின் நிறையைவிட மிகுதியாக இருந்துவிட்டால் ஆற்றல் இழப்பும் அதிகமாக இருக்கும்.

உயர் வேகங்களுக்கு எறிதுகள்கள் முடுக்கப்படும் போது அவற்றின் சார்பு நிறை உயர்வதால் இவ்வாறு ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பைத் தவிர்க்க முடிவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக முடுக்கப்பட்ட புரோட்டான் ஒரு நிலையான புரோட்டானோடு மோதுவதாகக் கொண்டு இதை விளக்கலாம். முடுக்கப்படும் புரோட்டானின் ஆற்றல் 1 BeV என்றால் மோதலிடை வினைக்கு 0.43 BeV ஆற்றலும், 6 BeV என்றால் 2 BeV ஆற்றலும், 50 BeV என்றால் 7.5 BeV ஆற்றலும், 100 BeV என்றால், 10.5 BeV ஆற்றலும், 300 BeV என்றால் 24 BeV ஆற்றலுமே கிடைக்கின்றன. E என்பது எறி துகளின் மொத்த ஆற்றல் எனவும், E_o என்பது ஓய்வு நிறை ஆற்றல் எனவும் கொண்டால், மோதலிடை வினைக்குக் கிடைக்கும் ஆற்றலை

$$E_{\text{வினை}} = E_o \left[\left(2 + \frac{2E}{E}\right)^{\frac{1}{2}} - 2 \right]$$

எனக் காட்டலாம்.



படம் 1. ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கி.

இச்சிக்கலைத் தவிர்ப்பதற்கு மோதலுக்கு உட்படும் இரு துகள்களையுமே எதிர் எதிரான திசைகளில் முடுக்கி மோதலுக்கு உட்படுத்தலாம். இந்த அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்ட முடுக்கியே ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கி (synchro clash) ஆகும். இதில் முடுக்கப்பட்டு மோதும் இரு துகள்களும் ஒத்தவையாகச் (identical particle) சமமான உந்தத்தைப் பெற்றிருக்குமானால் அவை இரண்டின் இயக்க ஆற்றல் முழுதும் மோதலிடை வினைக்குக் கிடைக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 15 BeV ஆற்றலைப் பெற்றிருக்குமாறு எலெக்ட்ரான்களையும், பாசிட்ரான்களையும் முடுக்கி, மோதலுக்கு உட்படுத்தினால், மோதலிடை வினை 30 BeV ஆற்றலுடன் நிகழ்கிறது.

ஓர் ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கியின் எளிய அமைப்பு படம் -1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரு ஒத்திணக்க முடுக்கிகள் உள்ளன. ஒன்றில் துகள் இடஞ்சுழியாக முடுக்கப்பட்டால் எஞ்சியதில் வலஞ்சுழியாக முடுக்கப்படுவதாக, இதில் உள்ள அமைப்புகள் நிறுவப்பட்டிருக்கின்றன. தேவையான ஆற்றலை இரு முடுக்கிகளில் முடுக்கப்படும் துகள்களுக்குச் சம அளவில் ஊட்டியபின், தக்க மின் காந்த விலக்கிகளைக் கொண்டு அவை நேருக்கு நேர் மோதவிடப்படுகின்றன. இது எளிதாகத் தோன்றினாலும் நடைமுறையில் பல சிக்கல்கள் உள்ளன.

சாதாரண முடுக்கிகளைவிடக் கூடுதலான வீதத்தில் மோதலிடை வினையை ஏற்படுத்த முடுக்கப்படும் துகள்களின் செறிவு மிகுதியாக இருக்கவேண்டும். அடுத்து முடுக்கப்படும் துகள் மேலும் சற்றுக் கூடுதலான நேரத்திற்குத் தொடர்ந்து, ஒத்திணக்கக் கோட்பாட்டை (resonance condition) மீறாதவாறு முடுக்கப்படவேண்டும். அப்போதுதான் தேவையான புள்ளி விவரங்களைப் பிழையின்றிப் பெற இயலும். வினை விளைவுத் துகள்களின் செறிவு மிகவும் குறைவாக இருக்கும். எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான், புரோட்டான்-எதிர்ப் புரோட்டான் ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கிகளும் தற்காலத்தில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

- எஸ். மெய்யப்பன்

ஒத்திணக்க முடுக்கி (மாறுகாந்தப்புல)

அளப்பரிய ஆற்றலைத் தரவல்ல நுண்ணிய அணுவின் நுட்பமான கட்டமைப்பையும், பொருள் திணிவிற்குக் காரணமான அடிப்படைத் துகள்களையும் தெளிவாக அறிந்து கொள்ள ஆற்றல் மிக்க எறிதுகள்கள் (projectiles) இன்றியமையாதன. இதற்குத் துகள் முடுக்கும் பொறிகள் (particle accelerators) பயன்படுகின்றன. துகள் முடுக்கும் பொறிகளுள் நேர்கோட்டு முடுக்கி, சைக்ளோட்ரான் என்ற வட்டின முடுக்கி, மாறுபடும் மாறு மின்புல, மாறு காந்தப் புல ஒத்திணக்க முடுக்கி, பீட்டாட்ரான் என்ற எலெக்ட்ரான் முடுக்கி, ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கி என்று பல வகை உள்ளன. வட்டின முடுக்கியின் செயல் திறன் ஒரு வரம்பிற்கு உட்பட்டிருப்பதால், ஒரு சில புதுமைகளைப் புகுத்தி ஏறக்குறைய அதே அடிப்படையில் இயங்கக்கூடிய ஒத்திணக்க முடுக்கிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

வட்டின முடுக்கியில் முடுக்கப்படும் மின்னூட்டத் துகள், முடுக்கத்தைப் பெறுவதற்காக அரைவட்ட மின்முனைகளின் இடைவெளியை ஒவ்வொரு முறையும் கடக்க நுழையும்போது, அரைவட்ட மின்முனைகளின் மின் முனைவு (polarity) அத் துகளை முடுக்குவதற்கு ஏற்றவாறு மாற வேண்டும். அதாவது முடுக்கப்படும் துகளின் சுற்றுக் காலமும் (period of revolution) அல்லது அடுக்கு நிகழ்வெண்ணும், மாறு மின் புலத்தின் அலைவு நேரமும் அல்லது அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்க வேண்டும். இதுவே ஒத்திணக்க நிபந்தனை எனப்படுகிறது.

முடுக்கப்படும் துகள் தன் சுற்றுப் பாதையில் நிலையாக இருக்க வேண்டுமெனில், அதன் மைய விலகு விசை, காந்த விலகு விசைக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். அதாவது,

$$\frac{mv^2}{r} = Bqv$$

இதில் B என்பது சுற்றுப் பாதைத் தளத்திற்கு நேர்குத்தான காந்தப்புலத்தின் பாய் செறிவையும், q, m, v என்பன முறையே முடுக்கப்படும் துகளின் மின்னூட்டம், நிறை, வேகம் இவற்றையும், r என்பது சுற்றுப் பாதையின் ஆரத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன. ஒத்திணக்கக் கோட்பாட்டின்படி, மாறுமின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் (f) = அடுக்கு நிகழ்வெண்

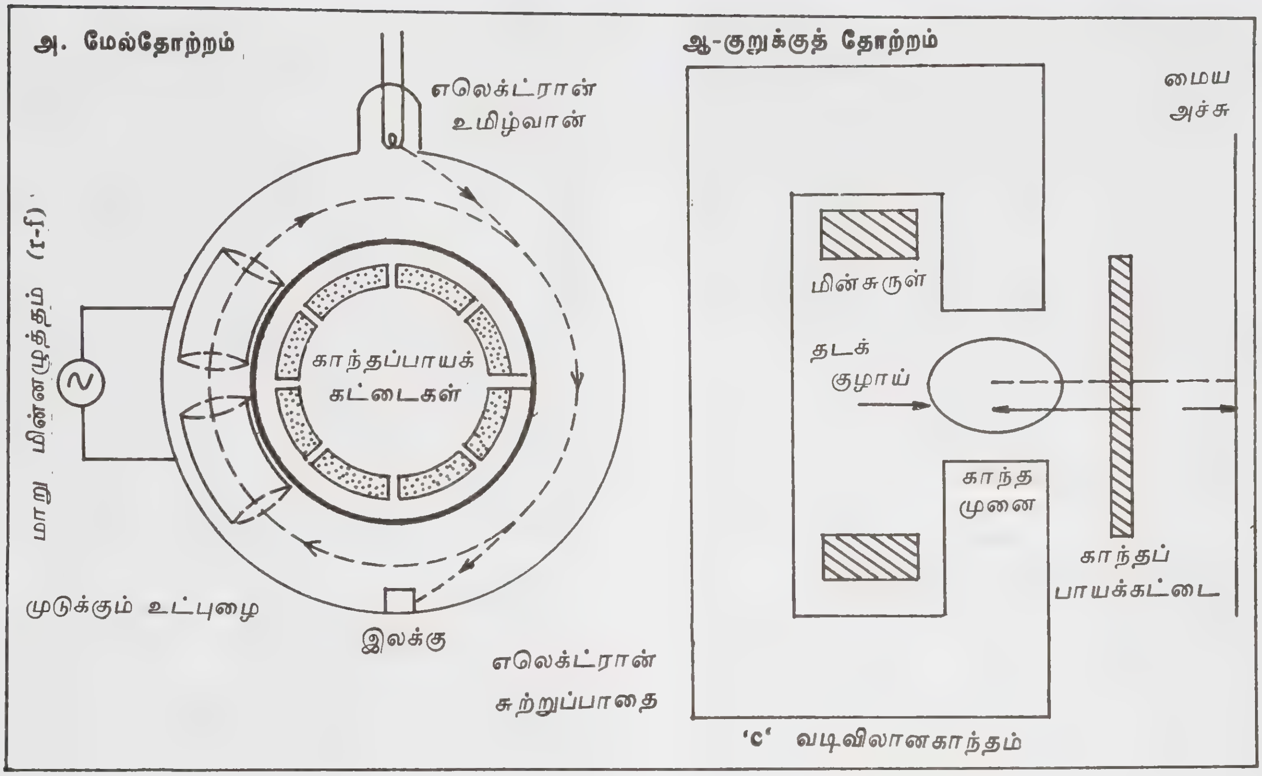
$$= \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi r} = \frac{Bq}{2\pi m}$$

வட்டின முடுக்கிகளின் செயல்திறன், இந்த ஒத்திணக்க நிபந்தனையை நிலைப்படுத்துவதில் அடங்கி இருக்கின்றது. இங்கு முடுக்கப்படும் துகளின் நிறை ஒரு மாறிலியாகக் கருதப்பட்டுள்ளது. சாதாரண இயக்க வேகங்களின்போது இக்கருதுகோளில் எப்பிழையும் இல்லை. ஆனால் உயர் வேகங்களில் ஒரு பொருளின் நிறை அதன் வேகத்திற்கு ஏற்ப அதிகரிக்கின்றது. இவ்வுண்மையை ஐன்ஸ்டைன் சார்புக் கொள்கைகள் நன்கு தெளிவுபடுத்தியுள்ளன. இதன் வழி m_o என்ற ஓய்வு நிறை உடைய ஒரு துகள் v என்ற வேகத்தில் இயங்கும்போது அதன் நிறை (m)

$$m = \frac{m}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

என்ற சமன்பாட்டிற்கு ஏற்ப அதிகரிக்கின்றது. இதில் $\beta(=v/c)$ என்பது துகளின் வேகத்திற்கும் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தகவாகும். சார்புக் கொள்கையின்படி, முடுக்கப்படும் துகளின் வேகம் அதிகரிக்க அதன் நிறையும் அதிகரிப்பதால், அடுக்கு அல்லது சுற்று நிகழ்வெண் குறைந்து, மாறு மின் அழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணிலிருந்து வேறுபடுகின்றது. எனவே, உயர் வேகங்களில் இந்த ஒத்திணக்க நிபந்தனை மீறப்படுகின்றது.

ஒத்திணக்க நிபந்தனையை மீண்டும் நிலைபெறச் செய்யப் பொதுவாக இரு வழி முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன. முதல் முறை செயல்படும் காந்தப் பாயச் செறிவை மாற்றாமல், அரைவட்ட மின் முனைகளுக்கிடையே செயல்படும் மாறு உயர் மின் அழுத்தத்தின் அதிர் வெண்ணை $f/\sqrt{1-\beta^2}$ மாறிலியாக இருக்குமாறு குறைத்துக் கொண்டே வருவதாகும். இந்த அடிப்படையில் இயங்கும் வட்டின முடுக்கியை மாறுபடும் மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி (synchrocyclotron) என்பர். இரண்டாம் முறை மாறு உயர் மின்னழுத்தத்தின் அதிர் வெண்ணை மாற்றாமல் செயல்படும் காந்தப் பாயச் செறிவை $B\sqrt{1-\beta^2}$ மாறிலியாக இருக்கும்படி தொடர்ந்து குறைத்துக் கொண்டே வருவதாகும்.

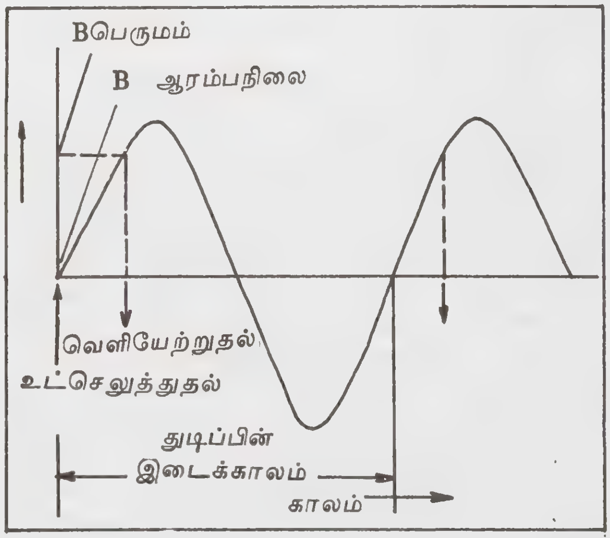


படம் 1. ஒத்திணக்க முடுக்கியின் பொதுத்தோற்றம்

இந்த அடிப்படையில் இயங்கும் வட்டின முடுக்கி மாறுகாந்தப்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி எனப்படுகிறது.

எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக்கி. குறைந்த இயக்க ஆற்றலைப் பெறும்போதே மிகு வேகத்தை எட்டி விடுவதால் (T = 2meV, v= 0.98c), எலெக்ட்ரானின் சார்பு நிறை அதிக அளவு மாறுபடுகின்றது. இது எலெக்ட்ரான்கள் ஒத்திணக்க நிபந்தனையை மீறுவதற்குக் காரணமாகின்றது என்பதால், சாதாரண வட்டின முடுக்கிகளைக் கொண்டு உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களைப் பெற இயலாது. இதற்காகப் பயன்படும் ஒருவகைச்சிறப்பு ஒத்திணக்க முடுக்கியே எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்கமுடுக்கி (electron synchrotron) எனப்படுகின்றது. ஓர் எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக்கியின் பொதுவான அமைப்பு படம்-1இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பொதுவாக இது போன்ற ஒத்திணக்க முடுக்கிகளில் செங்குத்துக் காந்தப் புலத்தைக் கொண்டு துகள்கள் நிலையான ஆரமுடைய ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுப் பாதையில் முடுக்கப்படுகின்றன. (வட்டின முடுக்கிகளில் வெளிச் சுருள் (spiral) பாதையில் முடுக்கப் படுகின்றது). ஒத்திணக்கக் கோட்பாட்டை நிலைப் படுத்தும் பொருட்டு எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல் அதிகரிக்க, அதற்கு ஏற்றவாறு சுற்றுப்பாதையில் காந்தப் புலமும் ஒரு தாழ் மதிப்பிலிருந்து போதிய அளவு அதிகரிக்கின்றது (படம். 2).



படம் 2. ஒத்திணக்க முடுக்கியில் உள்ள காந்தத்திற்குக் கொடுக்கப்படும் மாறு மின்னேட்டத்தின் துடிப்பு.

காந்தப் பாயம் அதிகரிக்கும் வீதம் எப்போதும் முடுக்கப்படும் எலெக்ட்ரானின் உந்தத்திற்கு இணக்க மாயிருக்குமாறு செய்யப்படுகின்றது. பொதுவாக இது போன்ற முடுக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படும் காந்தம் 'c' வடிவமுள்ளதாக உள்ளது (படம்-1ஆ). எலெக்ட்ரான்கள் சுற்றுப் பாதைத் தளத்திற்கு மேலும் கீழு மாக அலைவுற்று, முடுக்கப்படும் கற்றையிலிருந்து விலகிச் சென்றுவிடாமல் இருப்பதற்குச் சிறப்புக் காந்த முனைகள் பயன்படுகின்றன. இச்சிறப்பு வடி வமைப்பால், காந்தப் புலம் மையத்திலிருந்து வெளி நோக்கிக் குறைவதாக உள்ளது.

எலெக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையில் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இடங்களில், இரு முடுக்கு உட்புழைகளை (resonance cavity) வைத்து, ரேடியோ அதிர்வெண்ணில் ஒரு மாறு மின்புலத்தை அவற்றிற்கு இடையில் இருக்கும் நுண்ணிய இடைவெளியில் ஏற்படுத்துகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் இதன் மூலம் செல்லும் ஒவ்வொரு முறையும், முடுக்கப்பட்டு வெளி யேறிச் செல்லுகின்றன. இந்த உட்புழைகள் பெரும் பாலும் எலெக்ட்ரானின் சுற்று நிகழ்வெண்ணில் ஒத் திணங்க வல்ல கால்அலை ஒத்ததிர்வுப் புழையாக (quarter wave resonant cavity) இருக்கும். இதன் மூலம் முடுக்கப்படும் எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$T = ceBr_o = 300\ Br_o\ Mev$$

இதில் B பெருமக் காந்த புலத்தின் மதிப்பையும், r_o சுற்றுப் பாதையின் ஆரத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன.

பொதுவாக எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக் கியைத் தொடக்கத்தில் (10^{-6} நொடி வரை) ஓர் எலெக்ட்ரானின் முடுக்கி (பீட்டாட்ரான்) போலப் பயன்படுத்தி எலெக்ட்ரானின் ஆற்றலை 2-3Mev வரை உயர்த்தலாம். இந்நிலையில் எலெக்ட்ரான் ஒளியின் வேகத்தை அடைகிறது. பிறகு எலெக்ட்ரான் இயக்க வேகத்தில் குறைந்த அளவு மாற்றங்களே ஏற்படுவதால் ரேடியோ அதிர்வெண்ணில் மாறுபடும் மாறு மின்புலத்தின் அதிர்வெண் மாற்றத்தின் நெடுக்கையை ஒரு வரம்பிற்கு உட்படுத்துகின்றது. உயர்ந்த உட்புகுதிறனுடைய (permeability) காந்தப் பாயக் கட்டைகளைச் (flux bar) சுற்றுப்பாதையின் உட்புறங்களில் வைத்து அவற்றை 'c' வடிவக் காந்தத்தின் முனைகளோடு இணைத்துக் கொள் வதால் ஒரே துகள் முடுக்கும் பொறியைப் பீட்டாட் ரான் போலவும், ஒத்திணக்க முடுக்கி போலவும் இயக்கிக் கொள்ள இயல்கிறது. இந்தக் காந்தப் பாயக் கட்டைகள் காந்தப் புலத்தைக் குறுக்கு வெட்டாகப் பாய்வுறச் செய்து விடுகின்றன. ஆனால் காந்தத் தூண்டல் அதிகமாக இருக்கும்போது, அவை தெவிட்டிய நிலையை எய்துவதால், துகள் முடுக்கும் பொறியை மிக எளிதாக பீட்டாட்ரான் செயல்படு நிலையிலிருந்து ஒத்திணக்க முடுக்கி செயல்படு நிலைக்கு மாற்றிக் கொள்ள முடிகின்றது.

ஒத்திணக்க முடுக்கம் (synchronous acceleration) என்பது எலெக்ட்ரான் முன்பே முடுக்கப்பட்டு 2 முதல் 3 MeV வரை ஆற்றலுடையதாக இருந்தால் மட்டுமே இயலுவதாக இருப்பதால், இந்த இயக்க நிலை மாற்றம் தேவையாக உள்ளது. இன்றைக்கு ஒத்திணக்க முடுக்கிகளின் செயல்திறனை மிகுவிப் பதற்காக அதன் புதிய கட்டமைப்புகளில், ஒரு நேர் கோட்டு முடுக்கியால் எலெக்ட்ரான்களை முடுக்கி விட்டுப் பின்னர் அவற்றை ஒத்திணக்க முடுக்கியின் சுற்றுப் பாதைத் தளத்தில் உட்செலுத்துகின்றனர். ஒத்திணக்க முடுக்கத்தைப் பெற முற்படும் எலெக்ட் ரான் ஏறக்குறைய ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமான வேகத்தில் இயங்குவதால், அதன் சுற்று நிகழ் வெண்ணை (ν) எனக் குறிப்பிடலாம். இந்த அதிர்

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \quad \frac{v}{2\pi r_o} \simeq \frac{c}{2\pi r_o} = \frac{47.8 \times 10^6 Hz}{r_o}$$

வெண் அல்லது இதன் சீரிசை அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமான ரேடியோ அதிர்வெண்ணில் ஒரு முடுக்குப் புலம் (accelerating field) உட்புழைகளுக்குக் கொடுக் கப்படும்போது, ஒத்திணக்க முடுக்கம் ஏற்பட்டு, உயர் ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பெறமுடிகிறது. பல நூறு மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் முதல் பில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் வரை ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான் கற்றையை இதன் மூலம் உருவாக்கலாம்.

ஆற்றலின் உயர்வெல்லை முடுக்கப்படும் துகளின் கதிர்வீச்சு இழப்பால் வரையறுக்கப்படுகின்றது. ஓர் ஊடகத்தில், அதன் தன்மைக்கேற்ப முடுக்கப்படும் துகள், ஒரு குறிப்பிட்ட பெருமத் திசை வேகத் துடன் மட்டுமே இயங்க முடியும். அதற்கு அப்பாற் பட்ட வேகத்தில் துகள் முடுக்கப்படுமானால் அது தன் இயக்க ஆற்றலைக் கதிர்வீச்சாக உமிழ்ந்து விடு கிறது. இதுவே கதிர்வீச்சு இழப்பு எனப்படும். தவிர்க்க முடியாத இந்த இழப்பின் காரணமாக ஒத் திணக்க முடுக்கிகளைக் கொண்டு 1.5-3 BeV ஆற்ற லுடைய எலெக்ட்ரான்களை மட்டுமே பெற முடியும்.

புரோட்டான் ஒத்திணக்கமுடுக்கி. புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கியும் எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக்கி போலவே செயல்படுகின்றது. எனினும், பெறக்கூடிய கற்றையின் பெரும ஆற்றல், எலெக்ட்ரான்களைவிடப் புரோட்டான்களுக்கே மிகுதியாக உள்ளது. ஏனெனில் கதிர்வீச்சு இழப்பு முடுக்கப்பட்ட துகளின் மொத்த ஆற்றலுக்கும் அதன் ஓய்வு நிறை ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவின் நான்கு மடிக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. எலெக்ட்ரானை விட, ஒரு புரோட்டான் 1836 மடங்கு அதிக ஓய்வு நிறை உடையதாக இருப்பதால், அதன் கதிர்வீச்சு

இழப்புக்குறைவாக இருக்கும் என்பதை இதிலிருந்து தெரிந்து கொள்ள முடிகின்றது. இதன் காரணமாக 5-12 BeV ஆற்றலுடைய புரோட்டான்களைப் பெற முடிகிறது.

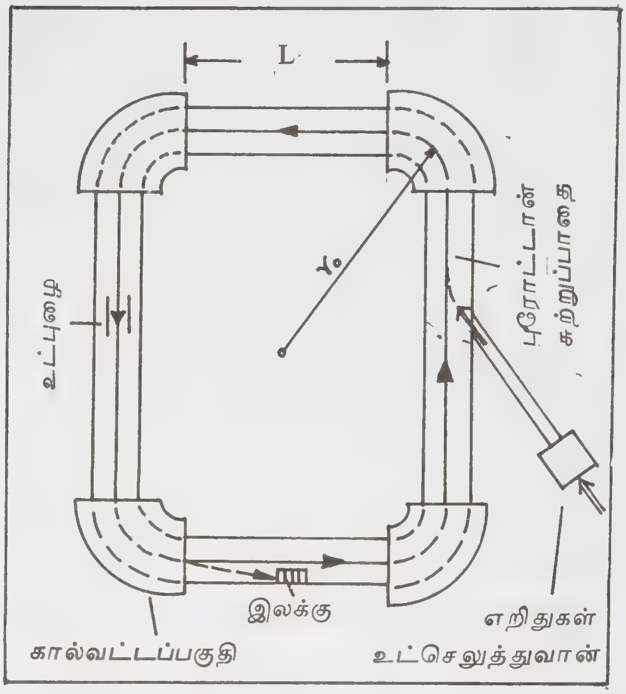
மாறு சரிவுறு காந்தப் புல அமைப்பால் (alternating field gradient), உயர் ஆற்றல் புரோட்டான்களை மிக வலிமையாகச் சுற்றுப் பாதையில் ஒரு சேரக் குவிக்க முடிவதால் எதிர்காலத்தில் மேலும் கூடுதலான ஆற்றலுடைய புரோட்டான்களைப் பெறலாம் என்று கருதப்படுகிறது. இவை மாறு சரிவு ஒத்திணக்க முடுக்கிகள் என்று குறிப்பிடப் படுகின்றன. இதில் புதுமைகளைப் புகுத்திப் பல சிறப்புக் கூறுகளை ஏற்படுத்திக் கொள்ளலாம். சிறப்புக் கூறுகளுக்கு ஏற்ப, இவ்வுயர் ஆற்றல் முடுக்கிகளைக் காஸ்மோட்ரான், பிவாட்ரான், ஒத்திணக்க அலைக்கட்ட முடுக்கி (synchrophasotron) என்று பல்வேறு பெயர்களால் குறிப்பிடலாம்.

புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கியின் தத்துவம் 1943இல் ஒலிபெண்ட் என்பாரால் தெரிவிக்கப் பட்டிருந்தாலும், அதன் வடிவமைப்பு 1953இல் தான் நடைமுறைக்கு வந்தது. கிரேன் என்பாரின் கருத்துப்படி, இயல்பான வட்டப்பாதை ஒரு குதிரைப் பந்தயத் தடம் போல இதில் மாற்றி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இது நான்கு நேர்கோட்டுப் பகுதிகளுடன் இணைக்கப்பட்ட நான்கு கால் வட்டப் பகுதிகளால் ஆன ஒரு தடமாகும் (படம்-3). துகளை வட்டப் பாதையில் எடுத்துச் செல்ல, காந்தப்புலம் வட்டப் பகுதிகளில் மட்டுமே செயல்படுத்தப்படுகின்றது. காந்தப் புலமற்ற நேர்கோட்டுப் பகுதிகளில் முடுக்கு மின்புலம் ஈடுபடுத்தப்படுகிறது. முடுக்கியின் கட்டமைப்பில் ஏற்படுத்தப்பட்ட மாற்றத்தால், ரேடியோ அதிர்வெண் உட்புழைகள் (r.f. cavities) எறிதுகள் உமிழ்வான் இலக்குப்போன்றவற்றை, நேர் கோட்டுப் பகுதிகளில் எவ்வித இடர்ப்பாடுகளுக்கும் காரணமின்றிப் பொருத்திக்கொள்ள முடிகிறது.

இதில் செயல்படும் காந்தப் பாயத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட வீதத்தில் தொடர்ந்து அதிகரிக்கச் செய்வதால், முடுக்கப்படும் புரோட்டான் தொடர்ந்து ஒரு நிலையான சுற்றுப் பாதையில் இயங்குகிறது இத்துடன் ரேடியோ அதிர்வெண் மின்புலத்தின் அதிர்வெண்ணையும், புரோட்டானின் சுற்று நிகழ் வெண்ணிற்கு ஏற்பத் தொடர்ந்து அதிகரித்து வந்தால்தான் ஒத்திணக்க முறையில் துகளை இறுதி வரை முடுக்க இயலும். ஒரு முழுமையான வட்டப் பாதையில் புரோட்டானின் சுற்று நிகழ்வெண்ணை (f_o),

$$f_o = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{c^2eB}{2\pi(T+m_oc^2}$$

எனப் பெறலாம். இதில் m_o புரோட்டானின் ஓய்வு நிறையாகும். r_o ஆரமுடைய நான்கு கால் வட்டங்



படம் 3. புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கி

களும், L நீளமுடைய நான்கு நேர் கோட்டுப் பகுதிகளும் உடைய குதிரைப் பந்தயத் தடத்தில், அதன் சுற்று நிகழ்வெண், வட்டப்பாதைத் தடத்தின் நீளத்திற்கும், குதிரைப் பந்தயத் தடத்தின் நீளத்திற்கும் உள்ள தகவிற்கு ஏற்பக் குறைகின்றது. எனவே, குதிரைப் பந்தயத் தடத்தில் புரோட்டானின் சுற்று நிகழ்வெண் (f_c)

$$f_c = \frac{c^2eB}{2\pi\ (T+m_oc^2)}\ \frac{2\pi r_o}{(2\pi r_o+4L}$$

என்றிருக்கிறது. முடுக்கப்படும் காலம் அதிகரிக்க f_c இன் மதிப்பும் அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறு மாறுபடும் ரேடியோ அதிர்வெண் மின்புலம் உட்புழைக்குக் கொடுக்கப்படவேண்டும். நேர் கோட்டுப் பகுதிகளில் ஏதாவது ஒன்றில் இந்த உட்புழை எடுத்துக் கொள்ளப் படுகிறது. பொதுவாக, இது ஃபெரைட் (ferrite) எனப்படும் உலோகமற்ற ஃபெரோ காந்தப்பொருளால் செய்யப்பட்டதாக இருக்கும்.

எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக்கிக்கும், புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கிக்கும் உள்ள ஒரு வேறுபாடு அவற்றில் பயன்படுத்துகின்ற உட்புழைக்குக் கொடுக்க வேண்டிய ரேடியோ அதிர்வெண் மூலமாகும். எலெக்ட்ரான்கள் குறைந்த ஆற்றலைப் (2MeV) பெறும்போதே, ஒளியின் வேகத்தை எட்டிவிடுவதால், அவற்றின் சுற்று நிகழ்வெண்

$\left(w = \frac{v}{r_0} \simeq \frac{c}{r_0} \right)$, ஏறக்குறைய மாறிலியாகி

விடுகிறது. இதனால் முடுக்கு மின் புலத்தின் அதிர்வெண்ணை மாற்றிக் கொள்ள வேண்டிய தேவை எழுவதில்லை, ஆனால் புரோட்டான்கள் 4 BeV ஆற்றலைப் பெறும் போதுதான் ஒளியின் திசைவேகத்தை எட்டுகின்றன. இதனால் புரோட்டானின் வேகம் அதன் சுற்று நிகழ்வெண் அது முடுக்கப்படும் காலம் முழுதும் தொடர்ந்து அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கின்றது. இதனால் ரேடியோ அதிர்வெண்ணில் கொடுக்கப்படும் முடுக்குப்புலத்தை மாறுபடும் சுற்று நிகழ்வெண்ணிற்கு ஏற்ப மாற்றிக் கொள்ள வேண்டியுள்ளது. ரேடியோ அதிர்வெண் புலத்தை அதிர்வெண் பண்பேற்றத்திற்கு (frequency modulation) உட்படுத்தி இதைச் செய்கின்றனர். அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தின் நெடுக்கையை பொதுவாக ஒரு புரோட்டான் உட்செலுத்தும் போதும், முடுக்கப்பட்டு இறுதியில் வெளியேற்றும் போதும் பெற்றிருக்கும் சுற்று நிகழ்வெண்களைப் பொறுத்து வரையறுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

இதில் முடுக்கட்டடும் புரோட்டானின் இயக்க ஆற்றலை (T),

$$T\ (T + 2m_0C^2) = c^2e^2B^2\ r_0^2$$

என்னும் சமன்பாட்டிலிருந்து மதிப்பீடு செய்கின்றனர். இதில் Tயும், m_0c^2ம் BeV அலகிலும், Bயும் r_0ம் MKS அலகிலும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இச்சமன்பாடு முடுக்கப்படும் துகளின் ஆற்றல் எந்த வீதத்தில் அதிகரிக்கின்றது என்பது அதில் பயன்படுத்தப்படும் காந்தப் புலம் எந்த வீதத்தில் மாற்றத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகின்றது என்பதைப் பொறுத்து அமைகின்றது என்பதைத் தெளிவாக்குகிறது. ஏனெனில் dT / dt, $\frac{dB}{dt}$ - க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{c^2\ e^2\ r^2_{\circ}\ B}{T + m_{\circ}\ c^2}\ \frac{dB}{dt}$$

பயன்கள். ஒத்திணக்க முடுக்கிகளால், நுண் பொருள் உலகில் (micro world) பல புதிய கண்டுபிடிப்புகள் நிகழ்ந்துள்ளன. காவ்ஸ்டாடர் என்ற அமெரிக்க அறிவியலாளர் இரண்டு முதல் மூன்று மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் ஆற்றலுடைய மிகு வேக எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு அணுக்கருத் துகள்களைத் (nucleons) தாக்கி அவற்றின் உள்ளமைப்புகளை 1958 இல் தெளிவுபடுத்தினார்.

1955 இல் கலிஃபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சார்ந்த சேம்பர் லெய்ன், செக்ரெ, வெய்காண்ட், யெப்சிலாண்டிஸ் முதலிய அறிவியலார் கூட்டு முயற்சியால் எதிர் புரோட்டான் (anti proton) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. 1956 இல் கார்க், லாம்பர்ட்சன், பிக்ஸியோனி, வென்ஸல் போன்றோர் எதிர் நியூட்ரானைக் கண்டறிந்தனர். தற்போது இத்துகள் முடுக்கும் பொறியின் துணை கொண்டு எதிர் அணுக்கள் (anti atoms) உருவாக்கப்படுகின்றன. சை (si), எப்சிலான் (upsilon)போன்ற பல புதிய துகள்களின் கண்டுபிடிப்புகளுக்கும் இத்துகள் முடுக்கும் பொறிகள் காரணமாயிருந்துள்ளன. அடிப்படைத் துகள்களுக்கெல்லாம் ஆதாரமாக இருக்கலாம் என்று கருதப்படுகின்ற குவார்க்குகளைக் கண்டறிய மேற்கொள்ளப்படும் ஆய்வுகளுக்கும் இவை உறுதுணையாக உள்ளன.

- மெ. மெய்யப்பன்

ஒத்திணக்க முடுக்கி (மாறுபடு மாறு மின்புல)

சைக்ளோட்ரான் என்னும் வட்டின முடுக்கியில் இரு பெரும் குறைபாடுகள் உள்ளன. முதலாம் முடுக்கப்படும் துகள்கள் உயர் வேகத்தில் இயங்கும்போது அவை சுற்றுப் பாதையில் ஒரு சேரக் குவிக்கப்படுவது பாதிக்கப்படுகின்றது. சார்பு வேகம் அதிகரிக்க முடுக்கப்படும் துகளின் நிறை அதிகரிப்பதும், விளிம்புப் பகுதிகளில் காந்தப்புலம் சீர்மையற்று இருப்பதும் அதற்குக் காரணங்களாக விளங்குகின்றன. இதனால் ஒத்திணக்க நிபந்தனை மீறப்பட்டு வட்டின முடுக்கியின் பயனுறுதிறன் குறைகிறது. காண்க, சைக்ளோட்ரான்.

இரண்டாம் குறைந்த இயக்க ஆற்றலைப் பெறும் போதே உயர் வேகத்தை எட்டி விடுவதால் (T = 2MeV; v = 0.98c) எலெக்ட்ரானின் சார்பு நிறை பெருமளவு மாறுபடுகிறது. இதுவும் ஒத்திணக்க நிபந்தனையைச் சீர்குலைப்பதால், வட்டின முடுக்கிகளைக் கொண்டு உயர் ஆற்றல் எலெக்ட்ரான்களைப் பெற இயலவில்லை. இக்குறைபாடுகளை நீக்க வட்டின முடுக்கியில் சில புதுமைகளைப் புகுத்தி, புதிய முடுக்கிகள் உருவாக்கப்பட்டன. இவையே ஒத்திணக்க முடுக்கிகள் எனப்படுகின்றன.

ஒத்திணக்க நிபந்தனையை மீண்டும் நிலைபெறச் செய்யும் வழி முறையில் வேறுபாட்டை ஏற்படுத்தி, ஒத்திணக்க முடுக்கியை மாறுபடுமாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி (synchrocyclotron) மாறு காந்தப்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி (synchrotgon)எனஇருவகைப்படுத்தலாம். செயல்படும் காந்தப் பாயச் செறிவை மாற்றாமல், முடுக்குப் புலமாகக் கொடுக்கப்படும் மாறு உயர் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைப்பிரிக்காமல் செய்து (f), f/ $\sqrt{1-\beta^2}$ மாறிலியாக இருக்கும்படி குறைத்துக் கொண்டே வருவதுமுதல் வகையாகும். மாறு உயர் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைப் மாற்றாமல், செயல்படும் காந்தப் பாயச் செறிவை (B) B$\sqrt{1-\beta^2}$ மாறிலியாக இருக்குமாறு தொடர்ந்து மாற்றிக் கொண்டே வருவது இரண்டாம் வகையாகும். இதில்

$\beta = v/c$ என்பது துகளின் வேகத்திற்கும் ஒளியின் திசை வேகத்திற்கும் உள்ள தகவாகும்.

மாறுபடுமாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி. முடுக்கப்படும் துகளின் சார்பு நிறை மிகையால் ஏற்படும் தாக்கத்தை ஈடு செய்ய இதில் மாறு மின் புலத்தின் அதிர்வெண்ணை, நிறை கூடுதலுக்கு ஏற்றவாறு தொடர்ந்து குறைத்துக் கொண்டே வரவேண்டும். இதனால் வட்டின முடுக்கியை நிலை அதிர்வெண் சைக்ளோட்ரான் என்றும், இதை அதிர்வெண் பண் பேற்ற சைக்ளோட்ரான் (frequency modulated cyclotron) என்றும் குறிக்கின்றனர். உயர் வேகங்களில் நிலை மின்புலத்தாலான குவிப்பு (electro static focussing) முக்கியமற்று இருப்பதால், வட்டின முடுக்கிகளில் பயன்படுவதைப்போல இரு அரைவட்ட மின் முனை உறைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டிய கட்டாயம் மாறுபடு மின் புல ஒத்திணக்க முடுக்கிகளில் இல்லை. அதனால் இம்முடுக்கிகளில் ஒரே ஓர் அரைவட்ட மின் முனை உறை மட்டுமே பயன்படுகின்றது. முடுக்குப் புலமான மாறுபடு மாறுமின்புலம், இம்மின்முனைக்கும், புவிக்கும் இடையில் கொடுக்கப்படுகிறது (படம்-1). இம்மின்முனை உறைக்குள் நுழையும்போதும், அதிலிருந்து வெளியேறும்போதும் துகளை முடுக்க இயல்கிறது. அதனால், வட்டின முடுக்கி போல இதிலும் முடுக்கப்படும் துகள் ஒரு வெளிச் சுருள் (spiral) பாதையில் இயங்குகிறது. T என்பது துகளின் இடைநிலை இயக்க ஆற்றல் எனக் கொண்டால், அதன் சுற்றுப் பாதையின் இடைநிலை ஆரத்தை r எனக் காட்டலாம். இதில் m_o முடுக்கப்படும் துகளின் ஓய்வுநிறையையும், q அதன் மின்னூட்டத்தையும்,

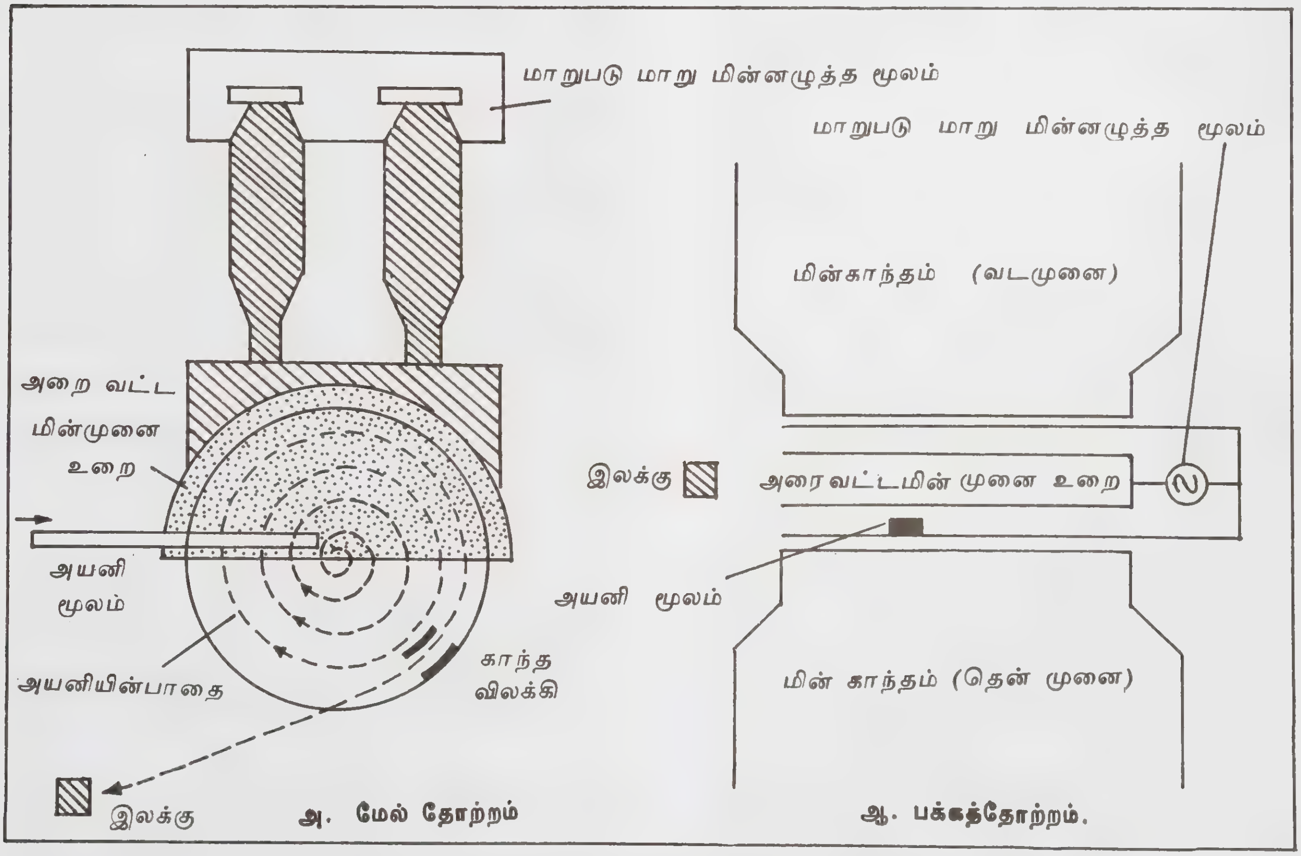
$$r = \frac{\left[T\,(T+2m_oc^2)\right]^{\frac{1}{2}}}{qBc}$$

c ஒளியின் திசைவேகத்தையும், B கொடுக்கப்படும் காந்தப் பாயச் செறிவையும் குறிப்பிடுகின்றன.

f_o என்பது தொடக்க நிலையில் முடுக்கும் பொறிக்குக் கொடுக்கப்படும் மாறுமின் புலத்தின் அதிர்வெண் எனக் கொண்டால், ஒத்திணக்கக் கோட்பாட்டின்படி

$$f_0 = \frac{Bq}{2\pi m_o}$$

பொதுவாக மெகா ஹெர்ட்ஸ் அளவில் உயர் மதிப்புடையதாக இருக்கும். முடுக்கப்படும் துகள்



படம் 1. ஒத்திணக்க முடுக்கியின் பொதுத் தோற்றம் (மாறுபடு மாறு மின்புல)

பொறியின் மையத்திலிருந்து விளிம்பு நோக்கி ஒரு வெளிச் சுருள் சுற்றுப் பாதையில் செல்லச் செல்ல, அதன் சார்பு நிறை மிகுவதால் ஏற்படும் தாக்கத்தை ஈடுசெய்ய, மாறு மின்புலத்தின் அதிர்வெண் சீராகக் குறைக்கப்படுகின்றது. ஒரு மாறு மின் தேக்கியை (variable capacitor), மின் அலை இயற்றியுடன் (oscillator) இணைத்து இது நிறைவேற்றப்படுகிறது. Δf என்பது இயல் நிறையிலிருந்து குறைக்கப்படும் அதிர்வெண்ணானால், இறுதி நிலையில் ஒத்திணக்க நிபந்தனையை,

$$f_0 - \Delta f = \frac{Bq}{2\pi m_0}$$

என்று எழுதலாம். இதில் m என்பது V_m என்ற பெரும வேகத்தோடு முடுக்கியை விட்டு வெளியேறும் துகளின் நிறையாகும். எனவே Δf, fo மற்றும் V_m ஆகியவற்றுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இத் தொடர்பை,

$$\Delta f = f_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{V_m^2}{C^2}} \right]$$

எனக் காட்டலாம்.

இச்சமன்பாடுகளிலிருந்து மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கியைக் கொண்டு முடுக்கப்படும் துகளின் பெரும இயக்க ஆற்றலை (T) வரையறுக்க முடியும்.

$$T = (m - m_0)\, c^2$$

m, m_0 இன் மதிப்புகளை இதில் பதிலீடு செய்தால்,

$$\frac{T}{m_0 c^2} = \frac{\Delta f}{f_0 - \Delta f}$$

என்று நிறுவலாம். இதிலிருந்து ஒரே அளவு ஆற்றலூட்ட, ஓய்வுநிறை குறைவாக உள்ள துகள் களுக்கு மிகுந்த அளவு மாறுபடு மாறு மின்புலத்தின் அதிர்வெண்ணை மாற்ற வேண்டியுள்ளது என அறியலாம்.

முடுக்கப்படும் அயனி மையத்திலிருந்து விளிம்பு வரை ஒத்திணக்க நிபந்தனையை மீறாமல் செல் வதற்கு மாறுமின் புலத்தின் அதிர்வெண்ணை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிலிருந்து, ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பு வரை குறைக்க வேண்டியிருப்பதால், அயனிகளைத் தொடர்ந்து முடுக்க இயலாது. முதல் அயனிக் கற்றை வெளியேறிய பின், மின்புலத்தின் அதிர் வெண்ணை மீண்டும் தொடக்கநிலை மதிப் பிற்கு மாற்றிக் கொண்டு, அடுத்த அயனிக் கற் றையை முடுக்க இயலும். எனவே, இம்முடுக்கியி லிருந்து எந்த வீதத்தில் அயனிக் கற்றையைப் பெற லாம் என்பது எந்த வீதத்தில் மாறு மின்தேக்கியை இயல்நிலைக்கு மாற்றிக்கொள்ளமுடியும் என்பதைப் பொறுத்தது. பொதுவாக இந்த இயல்நிலை மாற்றம் ஒரு நொடியில் நூறு முறை செய்யப்படும்.

வட்டின முடுக்கிகளுள் ஒன்றான சைக்ளோட் ரானுக்குக் கொடுக்கப்படும் மாறுமின்னழுத்தத்தை விட, மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கிக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் ஓரளவு குறை வாகும். அதனால் ஒரு முழுச்சுற்றின்போது துகள் பெறும் சராசரி ஆற்றல் இங்கு குறைவாக இருக் கிறது. சைக்ளோட்ரானைவிட முடுக்குத் திறனை மிகுதியாகப் பெறுவதற்காக இதில் முடுக்கப்படும் துகள் அதிகச் சுற்றுகளைச் (50,000) சுற்றுமாறு செய்கின்றனர். (சைக்ளோட்ரானில் ஏறத்தாழ 100 சுற்றுகள் மட்டுமே). இந்தச்சுற்றுகளும் ஏறத்தாழ 50 மைக்ரோ நொடிக்குள் (μsec) நடைபெற்று முடிந்து விடுகின்றன.

உயர் வேகங்களுக்கு இவ்வாறு துகள்கள் முடுக்கப் படும்போது, அவை சுற்றுப் பாதைத் தளத்திற்கு மேலும் கீழுமாக அலைவுறும் வாய்ப்பைப் பெறுகின் றன. இதையே சுற்றுப்பாதை அலைவு (orbital oscillation) அல்லது பீட்டாட்ரான் அலைவு (betatron oscillation) என்பர். இந்த அலைவின் காரணமாக எறி துகள் கற்றையின் செறிவு குறைக்கப்படுவதுடன், ஒத்திணக்கக் கோட்பாடு மீறப்பட்டு அதன் ஆற்றலும் வரையறுக்கப்பட்ட பெருமத்தைவிடப் பெரிதும் குறைக்கப்படுகிறது. இதற்காக முடுக்கியின் மையத்தி லிருந்து விளிம்பு வரை காந்தப்புலச் செறிவு சீராகக் குறைந்திருக்கும்படிச் செய்துகொள்ளப்படுகிறது. அதனால் விலகிச் செல்லும் துகள்களின் மீது ஒரு காந்த விசை செயல்பட்டுச் சுற்றுத் தளத்தை மீண்டும் சென்றடையச் செய்யப்படுகிறது. ஆரவழி யில் குறைவுறும் காந்தப் பாயச் செறிவையும் (ΔB) கருத்திற் கொண்டால், இயக்க ஆற்றலுக்கும் மொத்த ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவை

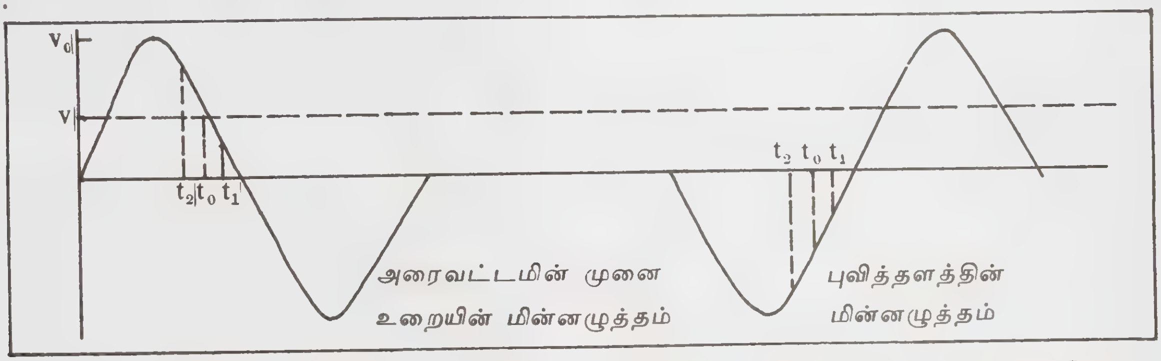
$$\frac{E}{mc^2} = \frac{\Delta f}{f_0} - \frac{\Delta B}{B_0}$$

எனப் பெறலாம்.

காலக்கட்ட நிலைப்புத் தன்மை என்ற தத்து வத்தைப் (principle of phase stability) பயன்படுத்தி மாறுபடு மாறுமின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கியின் பயனுறு திறனை அதிகரிக்கலாம் என்று மாக்மில்லன் என்னும் அமெரிக்க அறிவியலார் விளக்கியுள்ளார்.

பொதுவாகச் சைக்ளோட்ரானில் இரு அரை வட்ட மின்முனை உறைகளுக்கிடையே உள்ள மாறு மின்னழுத்தத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_0 என்ற பெரும மின்னழுத்தமாக இருக்கும்போது அயனிகள்

மின்முனை இடைவெளிக்குள் அனுப்பப்பட்டு முடுக்கப்படுகின்றன. ஆனால் மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கியில் கொடுக்கப்படும் மாறு மின்னழுத்தத்தின் பெரும மின்னழுத்தத்தைவிடச் சற்றே குறைவான மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருக்கும் போது துகள்கள் முடுக்கப்படுகின்றன. சான்றாக ஒரு சுற்றின்போது t_o என்ற நேரத்தில் $V\ (<V_o)$ என்ற மின்னழுத்தத்தில் துகள் முடுக்கப்படுவதாகக் கொள்ளலாம். முன் சுற்றுகளில் ஏற்பட்ட தடை காரணமாக ஒரு துகள் சற்றுப் பின் தங்கி t_1 என்ற நேரத்திலும், அல்லது வேகமாக வந்து t_2 என்ற நேரத்திலும் இடைவெளியை அடைந்து முடுக்கத்தைப் பெறலாம். (படம்-2).



படம் 2. காலக்கட்ட நிலைப்புத் தன்மையின் தத்துவ விளக்கம்

காலந்தாழ்த்து வரும் துகள்கள் Vஐவிடக் குறைந்த மதிப்புடைய மின்புலத்தால் முடுக்கப்படுமாதலால், அவற்றின் வேகம் குறைகின்றது. அதனால் அவற்றின் சார்பு நிறையும் குறைகின்றது. அரைவட்டப் பாதையைக் கடக்கும் காலம் $t = \frac{\pi m}{Bq}$ என்றிருப்பதால், அரைவட்டப் பாதையைக் கடக்க அவை எடுத்துக் கொள்ளும் காலமும் குறைகிறது. அதனால் அவை அடுத்த முறை இடைவெளியை அடையும்போது, t_o என்ற நேரத்தில் முடுக்கப்படும் துகள்களைப் போன்று மிகச் சரியான நேரத்தில் முடுக்கப்படுவதாகச் சென்றடைகின்றன. மாறாக, முன்கூட்டியே துகள்கள் இடைவெளியை அடைந்து விட்டால், அவை Vஐ விடக் கூடுதலான மின்னழுத்தத்தால் முடுக்கப்படும். அப்போது, அதன் சார்புநிறை அதிகரித்துச் சுற்றுக்காலம் கூடுதலாகும். அதனால் அவை அடுத்த முறை முடுக்கப்படுவதற்காக இடைவெளியை அடையும்போது, t_o என்ற நேரத்தில் முடுக்கப்படும் துகள்களோடு ஒன்றிணைகின்றன.

மாறுபடும் மின்னழுத்தத்திற்கு ஏற்ப, முடுக்கப்படும் துகள்கள் சுற்றுப் பாதையில் ஒரு சேர முடுக்கப்படுவது, உயர்வேக முடுக்கிகளில் தானாக நிகழும். சில காரணங்களால் காலக்கட்ட வேறுபாடு ஏற்பட்டாலும், அதை நீக்கித் துகள்கள் ஒரே நேரத்தில் முடுக்குப் புலத்தை அடையுமாறு செய்யப்படும் வழிமுறையே காலக்கட்ட நிலைப்புத் தன்மை என்று கூறப்படுகிறது. இதனால் முடுக்கியின் பெரும ஆற்றல் திறன் உயர்த்தப்படுவதுடன் வெளியேறும் எறிதுகளின் செறிவும் மிகுதிப்படுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய சிறப்புக் கூறுகளால் மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கியின் பெரும ஆற்றல் 200-800 mev ஆக உள்ளது. இது சைக்னோட்ரான் பெரும ஆற்றலை விடப் பல மடங்கு அதிகமானது. பொதுவாக, ஓர் உயர் ஆற்றல் முடுக்கியின் பெரும ஆற்றல் திறன், சுற்றுப் பாதையின் அலைவு, தவிர்க்க முடியாத கதிர்வீச்சு இழப்பு இவற்றால் வரையறுக்கப்படுவதாக இருக்கிறது என்பதற்கு இணங்க இதன் பெரும ஆற்றல் திறனும் எல்லைக்கு உட்பட்டதாக உள்ளது. காண்க, ஒத்திணக்க முடுக்கி (மாறுகாந்தப் புல).

- மெய்யப்பன்

ஒத்தியக்கம்

ஒரு செயல்முறை மற்றொரு செயல்முறையோடு ஒத்து இயங்குவதை ஒத்தியக்கம் (synchronization) என்பர். மின்திறன் நிலையத்திலுள்ள மாறுமின்னாக்கிகளின் (alternators) வேகத்தைவிடச் சில மடங்கு வேகத்தில் சுற்றக்கூடிய மின்னோடியைக் கொண்ட மின்சாரக் கடிகாரங்கள் இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். தொலைக்காட்சி நிலையத்தின் அலை பரப்பியிலுள்ள (transmitter) ஒளிப்படக்கருவியிலிருந்து அனுப்பப்படும் ஒளிக்கற்றைக்குத் தகுந்தவாறு தொலைக்காட்சிப் பெட்டியின் அலைவாங்கிப் படக்குழல் (picture tube) வெளிவரும் எலெக்ட்ரான் ஒளிக்கற்றையை இயக்கித் தொலைக்காட்சித் திரையில் நிழற்படம் விழச் செய்வது ஒத்தியக்கத்திற்கு மற்றுமோர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில் ஒத்தியக்கம் பின்வருமாறு நிகழ்கிறது: தொலைக்காட்சி அஞ்சல் நிலையத்திலிருந்து ஒத்தியக்கக் குறியீடு ஒவ்வோர் அலகிடு கோட்டின் (scanning line) முடிவிலும் அனுப்பப்படுகிறது. இது அனைத்துத் தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகளின் அலை வாங்கிகளும் ஒரே

நேரத்தில் அடுத்த கோட்டின் தொடக்கத்தில் இயங்க வழி செய்கிறது. தொலைக் காட்சி ஒளிப்படக் கருவியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை, படத்தின் அடிப்பகுதியை அடைந்தவுடன் நெடுக்கைக் குறியீடு ஒத்தியக்கத் தொலைக்காட்சி நிலையத்திலிருந்து அனுப்பப்பட்டு, அனைத்து ஒளிக்கற்றைகளும் அடுத்த படத்தின் தொடக்க நிலையிலிருந்து செயல்பட வழி செய்யப்படும்.

- எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்

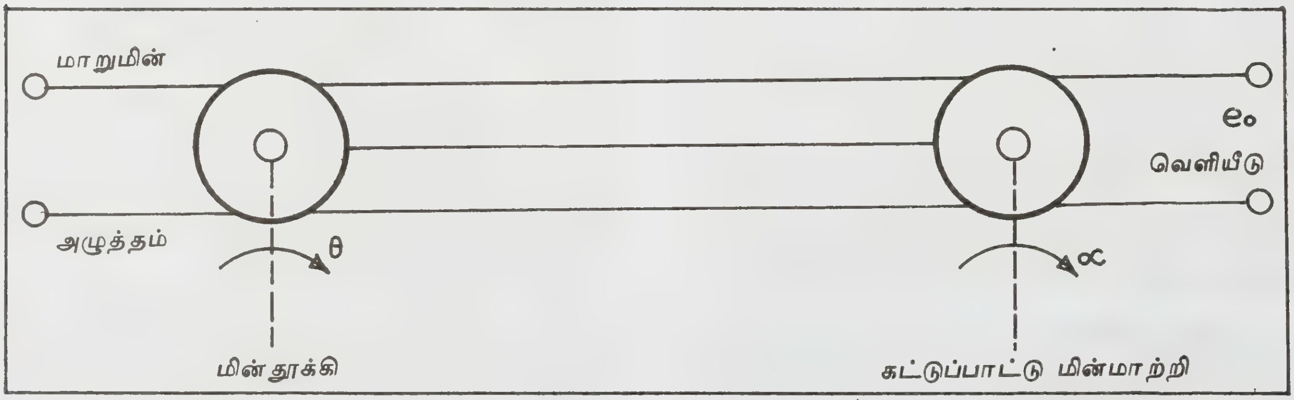
ஒத்தியங்கி

ஒரு கருவியில் பயன்படுத்தப்படும் உள்தருகையையும் (input), வெளியீட்டையும் (output) அதன் உண்மையான வடிவத்திலிருந்து அன்றாடம் பயன்படுத்தும் ஏற்ற வடிவத்திற்கு மாற்றியமைக்கும் முறை ஆற்றல் மாற்றி (transducer) எனப்படும். அழுத்த மின் படிகம் (piezo electric crystal) என்பது அசைவை மின்னழுத்தமாக மாற்றுகிறது. இதேபோல் சுற்றும் அச்சின் நிலையை மின் அழுத்தமாக மாற்றுவதற்குப் பயன்படும் கருவி ஒத்தியங்கி (synchro) எனப்படும். இது பெர்துவாக அனைத்துக் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளிலும், அளவைக் கருவிகளிலும் பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கட்டுப்பாட்டு அமைப்பில் பொதுவாக இரண்டு ஒத்தியங்கிகள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு படம்-1 இல் காட்டியவாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று மின் அடிப்படையில் ஒத்து இயங்கி வருவதால் இந்த அமைப்பிற்கு ஒத்தியங்கி என்று பெயர்.

பெரும்பாலான பயன்பாட்டிற்கு இரண்டு ஒத்தியங்கிகளை இணைத்துப் பயன்படுத்துவதால் இதை ஒத்தியங்கி இணை (synchro pair) என்பர். ஒத்தியங்கி அமைப்பில் இரண்டு மாறுபட்ட ஒத்தியங்கிகளை ஒன்று சேர்த்துப் பயன்படுத்தலாம். அவற்றில் ஒன்று கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி. இதை மின் பரப்பி என்றும் கூறலாம். மின்னோடி, தனிப்பட்ட மின்மாற்றி முதலியவையும் ஒத்தியங்கியின் வகையைச் சார்ந்தவையாகும். படம் 1 இல் காட்டிய அமைப்பில் கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியிலிருந்து வெளிவரும் வெளியீட்டு மின்அழுத்தம் e_o என்பது, மின்தூக்கி மற்றும் கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி ஆகியவற்றின் அச்சுகளின் உறவின் நிலையான θ வையும், $\propto$ வையும் பொறுத்துள்ளது. இதன் காரணமாக இந்த அமைப்பு இரு முக்கிய பணிகளைச் செய்கிறது. அவை; இரண்டு அச்சுகளின் நிலைக்குத் தகுந்தவாறு ஒப்பளவியாக (comparator) வேலை செய்கிறது; இந்த இரண்டு அச்சுகளின் நிலையை மின் குறிப்பலைகளாக (electric signal) மாற்றும் ஆற்றல் மாற்றியாகவும் வேலை செய்கிறது.

அமைப்பு. ஒத்தியங்கியின் அமைப்பு ஒரு சிறிய மூன்று தறுவாய் ஒத்தியங்கு மாறு மின்னாக்கியை (three-phase synchronous generator) ஒத்திருக்கும். பொதுவாக ஒத்தியங்கியில் மூன்று விதமான சுற்றகங்களைப் (rotor) பயன்படுத்துவர். அவை புலப்படும் துருவ (salient pole) வகை, குடை மாதிரி வகை, உருளை வடிவ வகை ஆகும். இவை அனைத்தும் இரண்டு மின் துருவங்களுக்குச் சுற்றப்பட்டிருக்கும். மின்சுற்றுகள் வழுக்கும் வளையங்களின் மூலம் வெளியே எடுக்கப்பட்டு ஒத்தியங்கி தடையின்றி நிற்காமல் சுற்றுவதற்கு ஏற்றவாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். புலப்படும் துருவத்தைக் கொண்ட சுற்றகங்கள் ஒத்தியங்கு மின்னாக்கியிலும், ஒத்தியங்கு மின்னோடியிலும் பயன்படுகின்றன. பிற வகைச் சுற்றகங்கள் கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியில் (control transformer) பயன்படுகின்றன. இதற்கு முக்கிய காரணம் காற்றுச் சந்தில் (air gap) ஒரே சீரான எதிர்ப்பு மின் சுற்றகத்தைச் சுற்றிலும் இருக்க வேண்டும் என்பதாகும். கட்டுப்பாட்டு,



படம் 1. ஒத்தியங்கியின் அமைப்பு

மின்மாற்றியின் நிலைய (stator) சுற்றகத்தின் மின் சுருணைகள் (windings) மின்னாக்கியின் சுருணையை விட மிகுதியான மின்தடையைப் (resistance) பெற்றிருக்கும். இதற்கு முக்கிய காரணம் ஒரு மின்னாக்கியிலிருந்து பல கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றிகளைப் பொருத்தித் தூண்டலாம் என்பதேயாகும்.

இயங்கும் கோட்பாடு. ஒத்தியங்கி பணியாற்றும் விதத்தைப் படம் 2 இல் காட்டியபடி ஒரு மின்னாக்கியையும், கட்டுப்பாட்டு மின் மாற்றியையும் கொண்டு இணைந்த அமைப்பின் மூலம் விளக்கலாம்.

ஒத்தியங்கியின் மின்னாக்கியில் உள்ள சுற்றகத்தின் வழியாக மாறு மின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் போது அது மாறு காந்தக் கதிர்களை (alternating flux) உண்டாக்குகிறது. இதனால் மாறு மின்மாற்றியில் மின்னழுத்தம் உண்டாவதுபோல மாறு மின்னழுத்தம் உண்டாகும். இந்த மாறு மின்னழுத்தத்தை மின்னாக்கியின் சுற்றிக்குக் கொடுப்பதால் நிலையான பகுதியில் மூன்று தறுவாய்களிலும் மாறுபட்ட அளவை உடைய மாறு மின்னோட்டம் ஏற்படும். எனவே மின்னாக்கியின் நிலையகமும், கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியின் நிலையகமும் ஒன்றாக இணைந்திருப்பதால், கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியின் நிலையகத்தில் மாறு காந்தக் கதிர்கள் உண்டாகும். இது மின்னாக்கியின் மின்காந்தக் கதிர்களைப் போலவே இருக்கும். மின்மாற்றியில், நிலைமாற்றித் துருவத்தை இந்த மின்காந்தக் கதிருக்கு 90° இருக்குமாறு செய்தால் மின்னாக்கியில் இருந்து வெளிப்படும் மின்னழுத்தம் பூஜ்யமாக இருக்கும். வெளிப்படும் மின்னழுத்தம் மின்னாக்கி, மின்மாற்றி ஆகியவற்றின் சுற்றக நிலையைப் பொறுத்து மாறு மின் அழுத்தமாக இருக்கும். அதாவது β என்பது இரு சுற்றிகளின் வேறுபாட்டு நிலையாக இருக்குமானால் வெளிப்படும் மின்னழுத்தம் cosβ ஆக இருக்கும். E sin ωt என்பது மின்னாக்கியின் சுற்றிக்குக் கொடுக்கும் மின்னழுத்தம் என்று கொண்டால், கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியில் கிடைக்கும் மின்னழுத்தம்

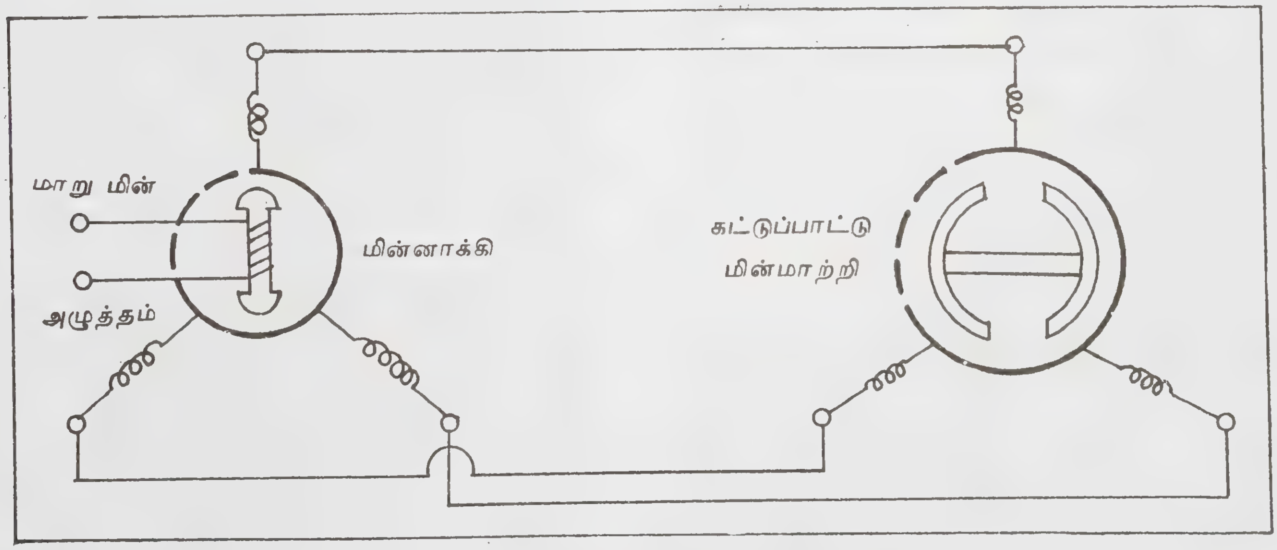
$$e_0 = E_0 \cos(\theta - \alpha) - \text{Sin}\,(wt - \alpha)$$

ஆக இருக்கும். இதில் θ மற்றும் α என்பவை மின்னாக்கி மற்றும் மின் மாற்றியின் சுற்றகத்தின் நிலையாகும். இதைப் படம் 3இல் தெளிவாக அறியலாம். சுற்றிகளின் நிலைகள் மிகக் குறைவாக இருக்குமேயானால்,

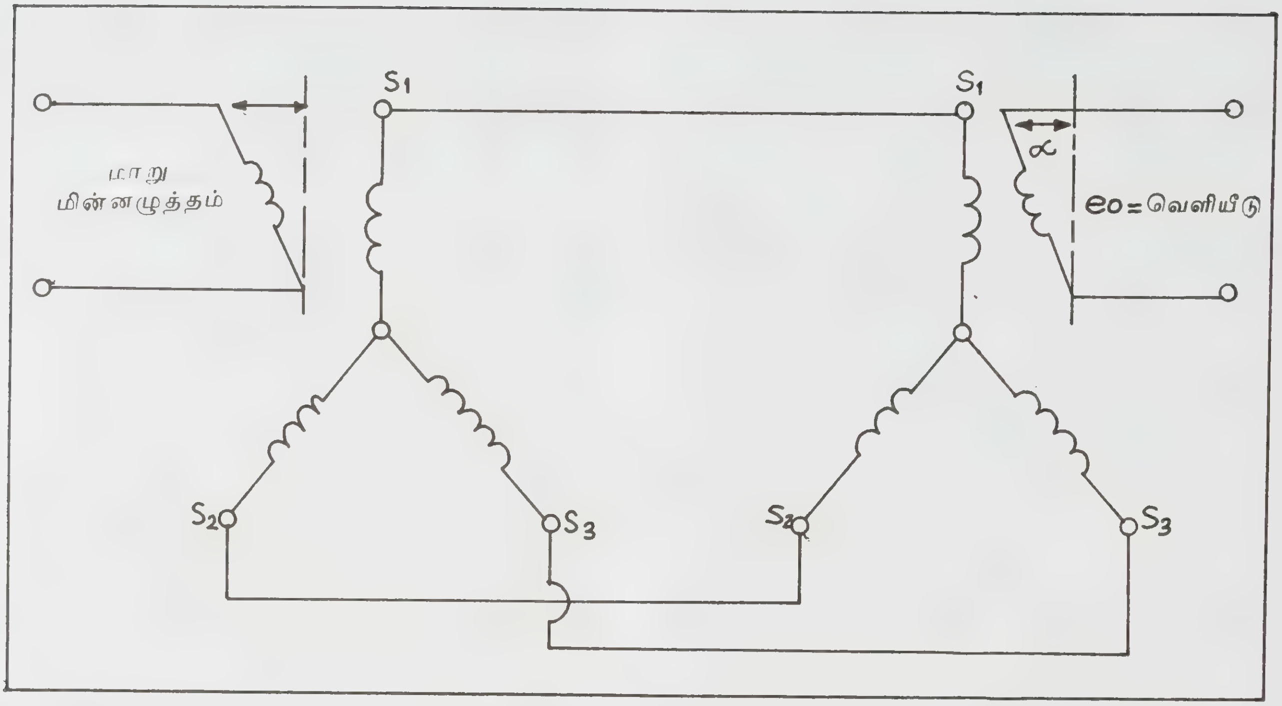
$$e_0 = E_0(\theta - \alpha)\,\sin\,(\omega t - \alpha)$$

இதிலிருந்து மின்னாக்கியும், கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியும் கொண்ட ஒத்தியங்கி முன்பு கூறியது போல், மின் மாற்றியின் சுற்றகத்திலிருந்து வெளிவரும் மின்னழுத்தம், மின்னாக்கியின் சுற்றி, மின்மாற்றியின் சுற்றி ஆகியவற்றின் நிலையைப் பொறுத்துள்ளது என்பது தெளிவாகும்.

இரண்டு ஒட்ட அமைப்பு. ஒத்தியங்கியைப் பயன்படுத்திப் பிழையில்லாக் கட்டுப்பாட்டு இயக்க அமைப்பை (servomechanism) அமைக்க முடியும். இதன் நிலையான துல்லிய தன்மையுடைய மின்னாக்கி (static accuracy) மின்மாற்றி, இவற்றைப் பிணைக்கும் பல்சக்கர அமைப்பு (gear) ஆகியவற்றின் அமைப்பைவிட மேம்பட்டு இருக்கும். இதற்கு மின்னாக்கியின் சுற்றகத்தை உண்மையான உள்ளீட்டுக்குத் தகுந்தாற்போல் பல்சக்கர அமைப்பைச் சீர் செய்து வைக்கவேண்டும். அதாவது ஒத்தியங்கியின்



படம் 2. ஒத்தியங்கி இயங்கும் முறை



படம் 3 ஒத்தியங்கியின் பல்வேறு மின்னழுத்தங்கள்

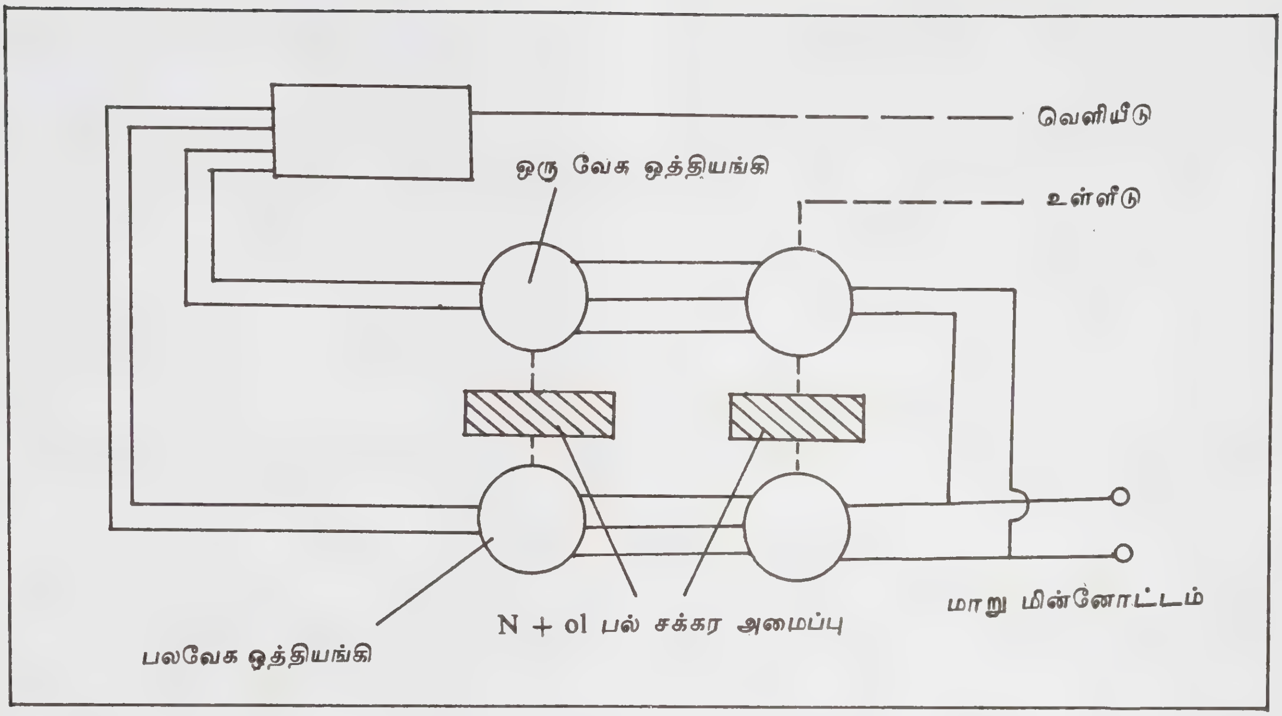
நிலையான பிழை E என்று கொண்டு பிறகு ஒத்தியங்கிகள் ஒவ்வோர் உள்ளீடு அல்லது வெளியீடு அளவு சுற்றுக்கும் N சுற்றுகள் சுற்றுகின்றன என்று கொண்டால், இரு ஒத்தியங்கிகளின் அமைப்பில் இருந்து வரும் வெளியீட்டு அளவின் பிழை(E/N) ஆக இருக்கும். ஒத்தியங்கிகளைச் சேர்க்கும் பல் சக்கர அமைப்பில் பிழை எதுவும் இருப்பதில்லை. இதற்கு மிக நுட்பமான பல்சக்கர அமைப்பைப் பயன்படுத்தி னால் மேலும் மேம்பட்ட அமைப்பைப் பெற முடியும்.

பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அளவுகள் 36, 31 மற்றும் 25 ஆகும். எதிர்பாராத விதமாக N சுற்றுகளைக் கொண்ட பல் சக்கரங்களைக் கொண்டு அமைத்த ஒத்தியங்கி யில் N-1 தவறான ஒத்தியக்கப்புள்ளிகள் (false point of operation) கிடைக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக N=36 என்று கொண்டால் ஒவ்வொரு 19° வெளி யீட்டுச் சுற்றுக்கும், கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி 360° சுற்றும். எனவே இந்த அமைப்பு, வெளியீட்டு அளவு 19°, 29° அல்லது 39° என்று சுற்றும்போது சம நிலையில் (equilibrium) இருக்கும். இதைச் சீராக்க வேறோர் இரண்டாம் ஒத்தியங்கியை இந்த அமைப்பில் கொண்டு வரலாம். இதில் வெளியீடு 1° சுற்றும்போது, ஒத்தியங்கி 1° சுற்றுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த ஒத்தியங்கியை ஒரு வேக அல்லது ஒரு ஓட்ட ஒத்தியங்கி எனக் குறிப்பிடலாம். ஒரு ஓட்ட ஒத்தியங்கி, பல ஓட்ட ஒத்தியங்கிகளைத் தேவைக்குத் தகுந்தவாறு அமைத்து இயக்கலாம். ஒரு வேக ஒத்தியங்கி செயல் பட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது அதன் பிழை குறை வாக இருந்தால் இதைப் பல வேக ஒத்தியங்கிக்கு மாற்றி இயங்கச் செய்யலாம். இந்த அமைப்பைப் படம் 4 இல் காணலாம்.

இந்த அமைப்பு நல்ல முறையில் செயல்பட, ஒத்தியங்கி இணையின் சுற்றாப் பகுதிகளைத் தாங்கிப் பிடிக்கும் அமைப்பில் பொருத்தும்போது ஒத்தியங்கிகளின் வெளியீடுகள் ஒரே கோட்டில் இருக்குமாறு அமைக்க வேண்டும்.

இரு ஓட்ட ஒத்தியங்கி மூலம் குறியீட்டை (signal) அனுப்பும்போது ஒரே ஓட்டமுடைய ஒத்தி யங்கி தோராய ஒத்தியக்கத்திற்கு மட்டுமே பயன் படுத்தப்படுகிறது. பிற அமைப்பை இயக்க ஓர் ஓட்ட ஒத்தியங்கியைப் பயன்படுத்துவதில்லை. இதனால் இந்த அமைப்பு வேலை செய்யும் விதம் பல வேகக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு வேலை செய்வது போலவே இருக்கும். ஒரு வேக அமைப்பில் இருந்து பல மிகு வேக அமைப்பிற்கு மாற்ற எண்ணற்ற மின் சுற்றுகள் இப்போது கிடைக்கின்றன.

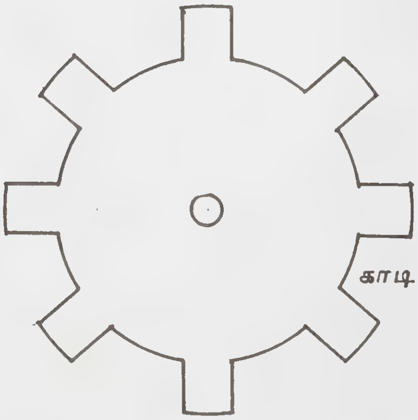
தனிப்பட்ட ஒத்தியங்கி (differential synchros). தொலைவில் இருந்து இரண்டு அல்லது அதற்கும்



படம் 4. குறைந்த பிழை ஒத்தியங்கி அமைப்பு

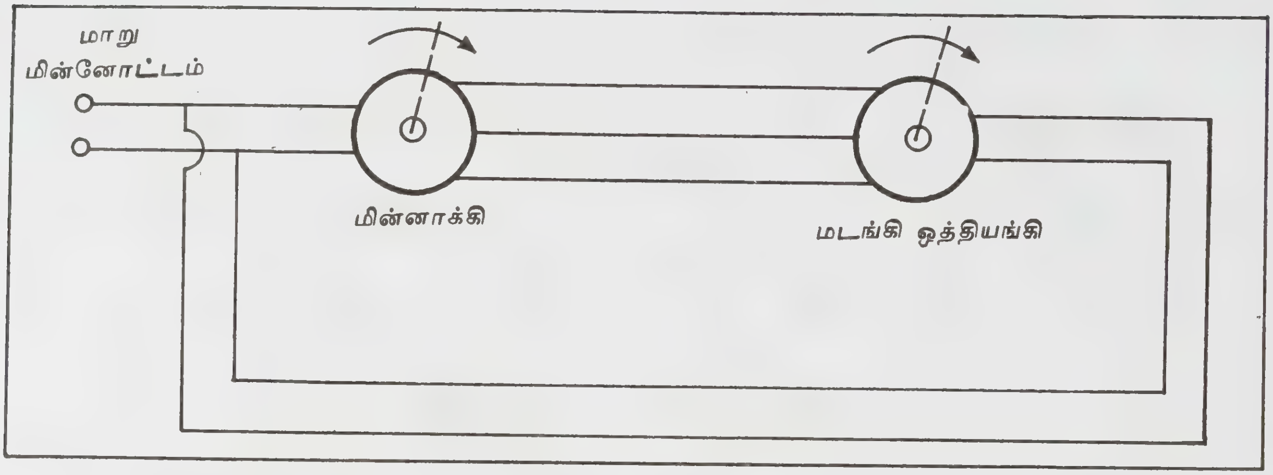
மேற்பட்ட அச்சுகளில் நிலையை உள்ளீடாகக் கொடுக்கும்போது கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு பணியாற்றத் தனிப்பட்ட ஒத்தியங்கி மிகவும் பயன்படுகிறது. இம் மின்னாக்கி வேண்டியவாறு உள்ளீடுகளைக் கட்டுவதற்கு மிகவும் பொருத்தமாக உள்ளது. தனிப்பட்ட ஒத்தியங்கியின் அமைப்பு மின்னாக்கி ஒத்தியங்கி அல்லது கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியைப் போன்றே இருக்கும். தனிப்பட்ட ஒத்தியங்கிக்கும், கட்டுப்பாட்டு மின் மாற்றிக்கும் உள்ள வேறுபாடு, தனிப்பட்ட பகுதியில் சுற்றும் பகுதியின் சுருணைகள் மூன்று தறுவாய்க்குச் சுற்றியிருக்கும். மேலும் மூன்று வழுக்கும் வளையங்களும் (slip rings), மின் தொடிகளும் (brush) தேவைப்படும். உருளை வடிவச் சுற்றும் பகுதி பாத்திரத்தைச் சுற்றிக் காடி (slots) செய்யப்படும். இவை துளை இடப்பட்ட தகடுகளால் செய்யப்பட்டவையாகும்.

சுற்றக, நிலையகப்பகுதிகளின் சுருணைகள், செந்தரப் பகிர்ந்தளிக்கப்பட்ட வகையைச் சார்ந்தனவாகும். மின் கண்ணோட்டத்தில் பார்க்கும்போது தனிப்பட்ட மின்னாக்கி, சுருணைசுற்றிய தூண்டு மின்னோடியைப் (induction motor) போலவே இருக்கும். தனிப்பட்ட மின்மாற்றி, அமைப்பில் மூன்று தறுவாய் எந்திரத்தைப் போல் இருந்தாலும் இது ஒரு தறுவாய் மின்னோட்டத்தில் இயங்கக் கூடியதாக இருக்கும். ஓர் அமைப்பில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளைக் கூட்ட வேண்டுமானால் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட தனிப்பட்ட மின்னாக்கிகளைப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 5. உருளை வடிவம் போன்ற சுற்றியின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்.

பொதுவாகத் தனிப்பட்ட மின்னாக்கிகளைப் பற்றி விளக்கும்போது அதன் சுற்றக, நிலையான பகுதிகளுக்கு உள்ள சுருணைகளின் விகிதம் ஒன்று என்றும், இவை இரண்டுக்கும் இடையேயுள்ள பிணைப்புக் குணகம் (coefficient of coupling) ஒன்று என்றும் கொள்ளலாம்.



படம் 6. மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியின் அமைப்பு.

மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி (repeater synchro). மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியை, ஒத்தியங்கி மின்னோடி என்றும் சொல்லலாம். வெளித்தோற்றத்திலும் மின்னியல் அடிப்படையிலும் இது மின்னாக்கி ஒத்தியங்கியைப் போலவே இருக்கும். ஆனால் மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியின் சுற்றகம் அதிர்வைக் கட்டுப்படுத்தும் (vibration damper) அமைப்பைக் கொண்டிருக்கும். ஒரு கட்டுப்பாட்டு அமைப்பில் மின்னாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்ட மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியைப் படம் 6இல் காணலாம்.

இந்த அமைப்பின் மின்னாக்கியில், உண்டாகும் காந்தக் கதிர்கள் மடங்கியில் உள்ள நிலையான பகுதியில் படும். இது மின்னாக்கி- கட்டுப்பாட்டு மின் மாற்றியின் அமைப்பில் விளக்கியது போலவே செயல் படும். மடங்கியின் சுற்றி, மின்னோட்டத்தைத் தூண்டியிருப்பதால் அதுவும் காந்தக் கதிர்களை உண்டாக்கும். இதனால் உண்டாகும் காந்த இழுப்பு ஆற்றலால் மடங்கியின் சுற்றகம் திருக்கம் (torque) பெற்று மேலே குறிப்பிட்ட இரு காந்தக் கதிர்களின் சுற்றையை ஒன்றாக்கும். இதனால் இரு அமைப்புகளின் சுற்றுகிற பகுதி இணையாக இருக்கும்போது ஒரு சமநிலையை அடைகிறது. மின் கண்ணோட்டப்படி மடங்கி, மின்னாக்கியைப் போலவே இருப்பதால், மின்னாக்கியின் சுற்றுகிற பகுதிக்கும், மடங்கின் சுற்றுகிற பகுதிக்கும் ஏற்படும் வேறுபாட்டு அளவிற்கேற்பத் திருக்கம் ஏற்படுகிறது. இதனால் இந்த அமைப்பு, திருக்கத்தை அனுப்பும் அமைப்பாக பணியாற்றுகிறது. இந்த அமைப்பில் உண்டாகும் திருக்கம் சைன் (sine) அலைகள் போல் மாறி இருக்கும். அதாவது $\sin\theta$ ஆக இருக்கும். இதில் θ என்பது இரு சுற்றும் பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் ஆகும். இந்த இடைக்கோணம் θ மிகச் சிறிய அளவில் இருக்கும்போது திருக்கம் θ-க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். ஆதலால் இவ்விரு அமைப்புகளும் ஒரு கம்பிச்சுருள் கொண்டு இணைத்ததுபோல் செயல்படும்.

மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியின் பயன்பாட்டைப் பார்க்கும்போது, மிகு தொலைவில் உள்ள கருவியின் நிலையைக் காட்ட உதவும். இதில் உண்டாகும் பிழையைக் குறைக்க இந்த அமைப்பை மணி தாங்கியில் (ball bearing) பொருத்தி உராய்வைக் குறைக்க வேண்டும். இந்த மடங்கியில் மின் ஒடுக்கமும் (electrical damping) குறைவாக இருப்பதால் மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி நீண்ட நேரம் ஊசலாடிக் கொண்டிருக்கும். இந்த அசைவு விரைவில் நிற்க வேண்டுமானால் அதிர்வு ஒடுக்கியைப் (vibration damper) பொருத்த வேண்டும். ஆதலால் மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியை, அதிர்வு ஒடுக்கியைப் பொருத்தி ஒத்தியங்கி மின்னாக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

- எ. கிருஷ்ணன்

ஒத்தியங்கி, மடங்கி நிகழ்த்தல்

இது ஒரு வகை மின் எந்திரக் கருவிக்கு வழங்கப்படும் பெயராகும். ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குச் செய்தியைக் கொண்டு செல்லப் பயன்படும் சுட்டிக்காட்டும் அமைப்பில் மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி (repeator synchro) பயன்படுகிறது.

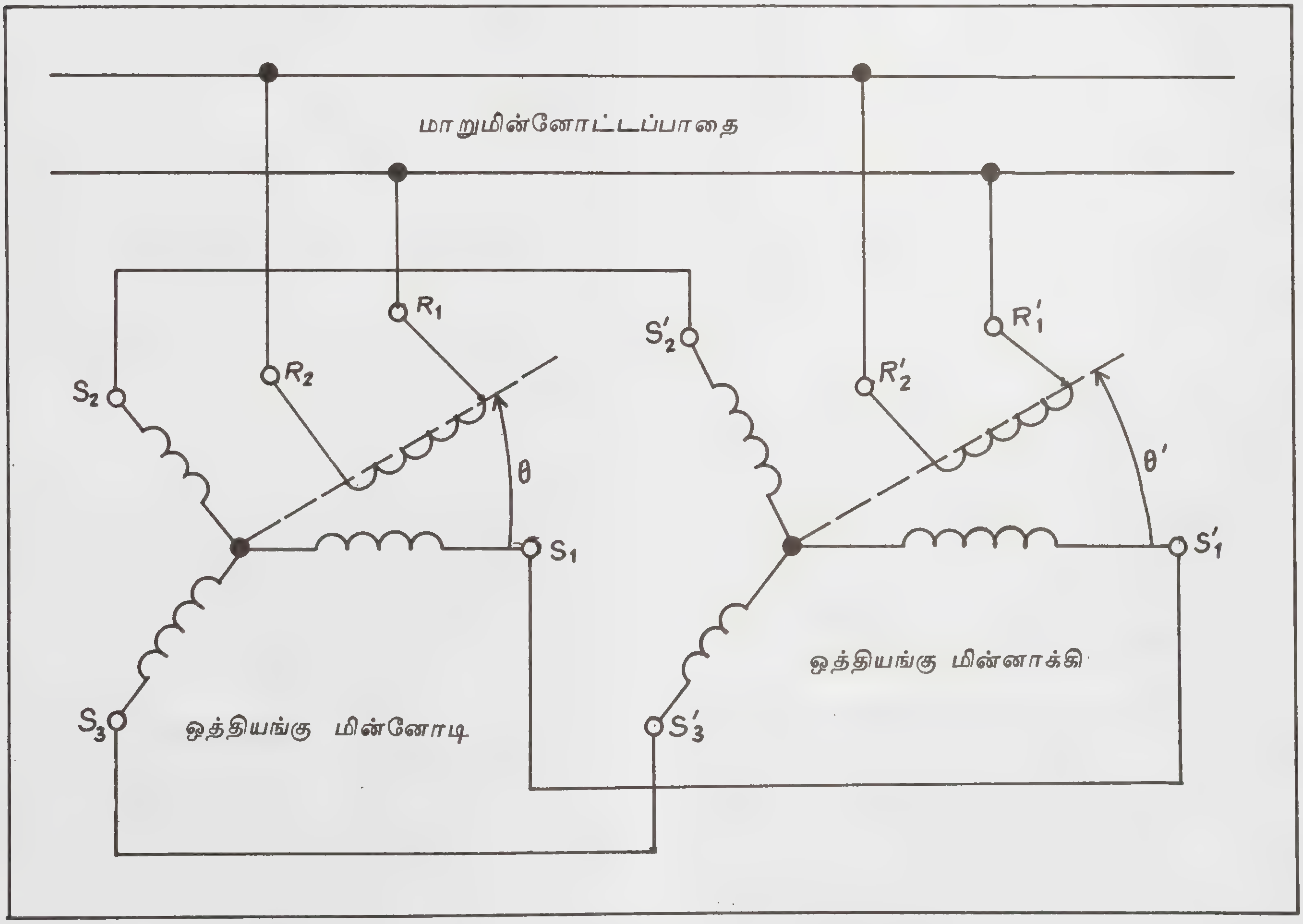
ஓர் எந்திர நிலைக்குச் சமமான மின் அழுத்தத்தை உண்டாக்கவும் சில வகையான மின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாக எந்திர நிலையை மாற்றவும் இந்த ஒத்தியங்கி பயன்படுகிறது. இரு ஒத்தியங்கிகளின் நிலையான சுற்றுகள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு, அவற்றின்

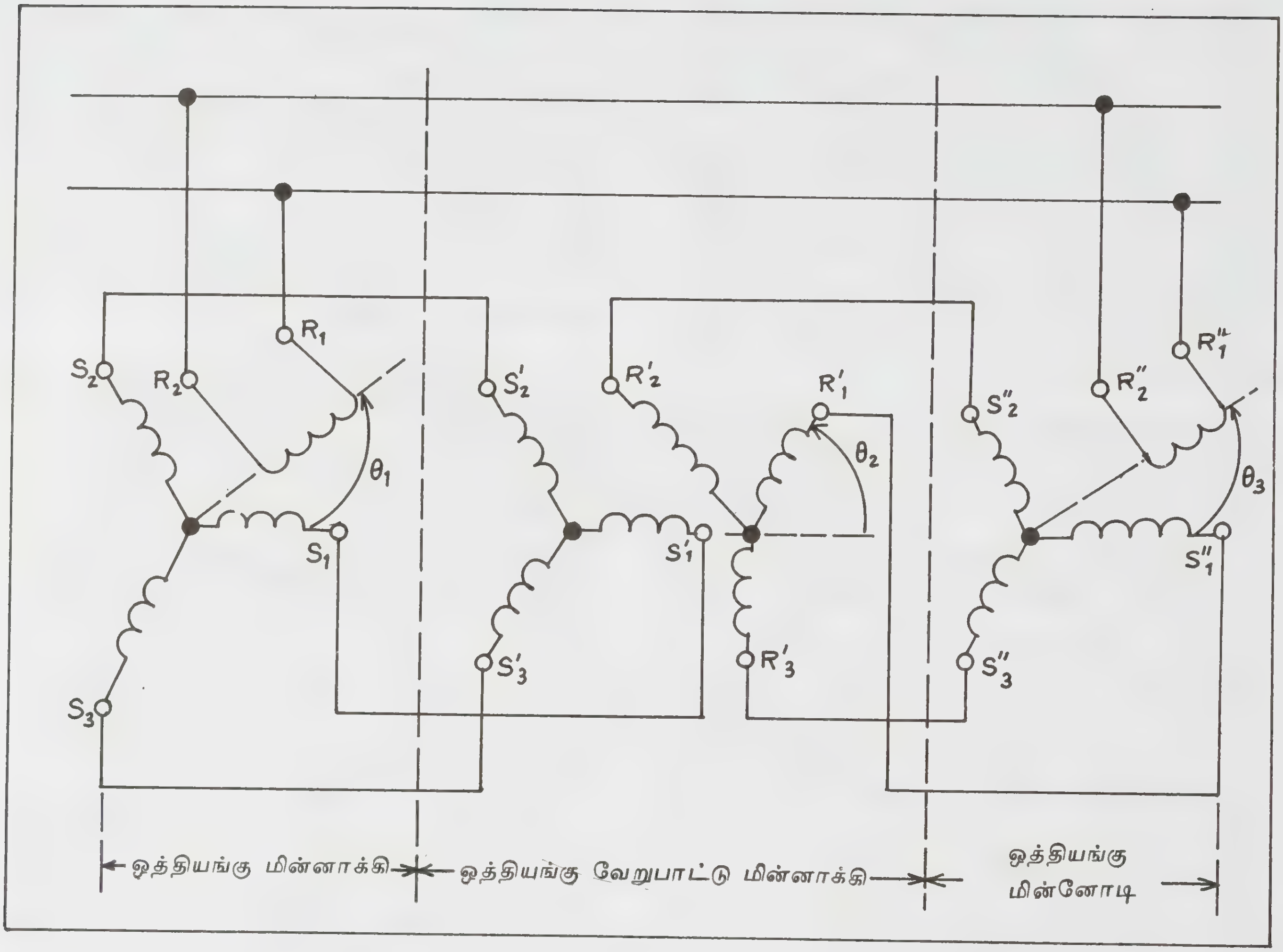
சுழலிகள் ஒரே மாறு திசை மின்னோட்டத்தால் இயக்கப்பட்டால் ஓர் ஒத்தியங்கிச் சுழலியின் அசைவு மற்றோர் ஒத்தியங்கியின் சுழலியையும் அதே அளவு அசைய வைக்கும். இயக்கப்படும் ஒத்தியங்கி (driven synchro) இயக்கும் (driving synchro) ஒத்தியங்கிபோல் செயல்படுகிறதா என்பதைச் சுட்டிக்காட்ட இத் தகைய ஒத்தியங்கி பயன்படுகிறது. ஒரு கருவியின் நிலையைத் தொலைவில் இருந்து (remote) சுட்டிக் காட்ட இயங்கும் ஒத்தியங்கியின் சுழலி அக் கருவியுடன் எந்திர முறையில் இணைக்கப்பட வேண்டும். இயக்கப்படும் ஒத்தியங்கியின் சுழலி எந்திரத்தின் முகப்புத் தட்டிலுள்ள குறியீட்டு நிலையில் இயங்கும்.

தொலைவிலுள்ள கடற்படைத் துப்பாக்கியின் நிலையைச் சுட்டிக் காட்டுவதற்கு மிகுதியாகப் பயன்படும் மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கியின் அமைப்பைப் படம் 1இல் காணலாம்.

மேற்காணும் அமைப்பில் மின்னாக்கியின் சுழலி துப்பாக்கிப்பீடத்திலும், மின்னோடியில் சுழலி சுட்டிக்காட்டும் கருவியின் முள்ளுடனும் இணைக்கப்படும். இரு சுழலிகளுக்கும் இடையே கோண வேறுபாடு இருக்குமானால் (θ, θ') ஒத்தியங்கிகளின் நிலைச்சுற்றுகளுக்கிடையே மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு, அதன் மூலம் இரு ஒத்தியங்கிச் சுழலிகளுக்கிடையே கோண வேறுபாடு இல்லாத அளவுக்கு $(\theta' = \theta)$ மின்னோடியின் சுழலியை நகர்த்தி ஒரே சீரான நிலையில் சுழல வைக்கிறது. இந்த அமைப்பின மூலம் எந்த ஓர் எந்திர நிலையின் அச்சையும் எந்திரத் தொடர்பு உள்ளதைவிட மிகுதியான தொலைவிற்கு இயங்க வைக்க இயலும்.

படம்-2 இல் இரண்டு ஒத்தியங்கி அச்சின் கோண வேறுபாட்டைத் தொலைவிலிருந்து சுட்டிக்காட்டும் அமைப்புக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பில் மின்னாக்கிக்கும் மின்னோடிக்கும் இடையில் ஒரு வேறுபாட்டு மின்னாக்கி இணைக்கப்பட்டு, அதன் மூலம் ஒத்தியக்க மின்னாக்கியின் நிலைச் சுற்றில் (S_1, S_2, S_3) ஏற்படும் மின் அழுத்தம், வேறுபாட்டு மின்னாக்கிச் சுழலியின் கோண வேறுபாடுகளுக்குத்





தகுந்தவாறு மாற்றி அமைக்கப்பட்டு, இயங்கி நிலைச் சுற்றின் முனைகளுக்கு S_1'' S_2'' S_3'' அளிக்கப்படுகிறது. வேறுபாட்டு மின்னாக்கிச் சுழலியின் முனைகள் (R'_1 R'_2 R_3') மின்னோடியின் நிலைச்சுருணைகளின் முனைகளில் (S''_1 S''_2 S''_3) இணைக்கப்பட்டிருப்பதைப் பொறுத்து மின்னோடிச் சுழலியின் கோணம் (θ_3) இரண்டு கோணங்களின் கூட்டுத்தொகையை யோ ($\theta_1+\theta_2$,), இரண்டு கோணங்களின் வேறு பாட்டையோ ($\theta_1-\theta_2$) கொண்டிருக்கும்.

ஒன்று அல்லது பல தொலைவு இடங்களிலுள்ள எந்திர நிலையைக் கட்டுப்படுத்த இத்தகைய கூட்டு அமைப்புடைய ஒத்தியங்கிகள் பயன்படுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலிருந்து எந்திர உற்பத்தி யளவைக் கட்டுப்படுத்தவும் முடியும். தொலைவுக் கட்டுப்பாடு இயக்கங்களில் பயன்படுவதோடல்லாமல் பின்னூட்டுக் கட்டுப்பாடு அமைப்புகளில் (feed back control system) மின் எந்திர நிலைமாற்றிகளாகவும் (transducer) ஒத்தியங்கிகள் பயன்படுகின்றன.

- எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்

ஒத்தியங்கு அளவி

இது இரண்டு மாறுதிசை மின்னாக்கிகள் (a-c generators) அல்லது பிற மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலங்கள் (sources) நேரத் தறுவாயில் (time phase) ஒன்றுடன் மற்றொன்று ஒத்திருப்பதைக் காட்ட உதவும் கருவியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வகை ஒத்தியங்கு அளவியில் (synchroscope) தொடர்ந்து சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் முள்ளின் நிலை (position) ஒவ்வொரு நேரத்திலும் இரு மூலங்களுக்கிடையே உள்ள உடனடித்தறுவாய் வேறுபாட்டைக் (instantaneous phase difference) குறிக்கும். முள்ளின் சுழற்சி வேகம், மூலங்களுக்கிடையே உள்ள அலைவெண் வேறுபாட்டையும், சுழற்சியின் திசை, மிகுந்த அலை வெண் உடைய மூலத்தையும் குறிக்கும்.

புதிய ஒத்தியங்கு அளவிகளில் எதிர்முனைக் கதிர்க்குழல் (cathode ray tube), காட்டியாகப் பயன் படுகிறது.

மிகக் குறைந்த துடிப்புகளைக் கண்காணிக்க உதவும் எதிர்முனைக் கதிர் அலை பதிப்பியும் (CRO), ஒத்தியங்கு அளவி என்றே குறிப்பிடப்படுகிறது.

- வா. அனுசுயா.

ஒத்தியங்கு கொண்மி

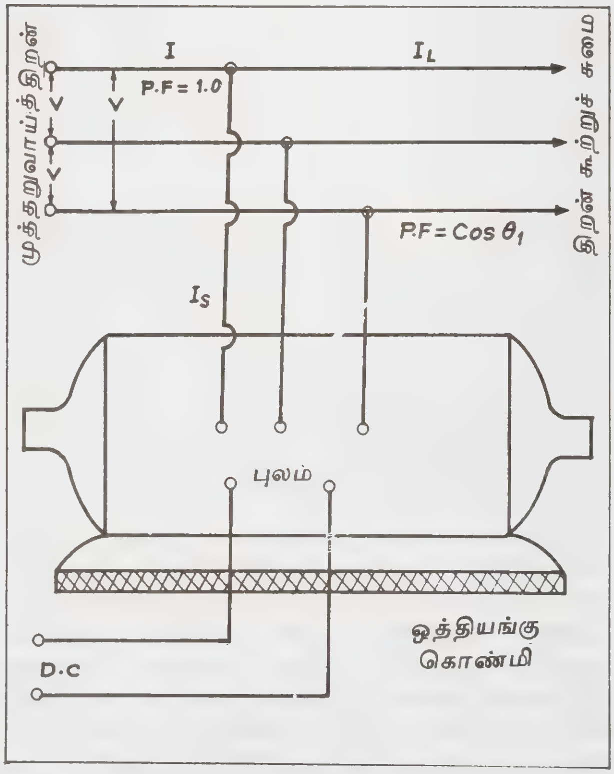
ஒரு சிறந்த மின்திறன் அமைப்பு (power system) என்பது சரியான அலைவெண்ணும் நிறைவான மின்னழுத்தமும் கொண்டதாகும். அலைவெண்ணைச் சரியான அளவிற்கு அதாவது 50 சுழற்சி / நொடி என்ற அளவில் நிலைநிறுத்தும் (maintain) பொருட்டு மின் ஆக்கமும் மின்சுமையும் ஒருங்கிணைந்து கட்டுப்படுத்தப்பட வேண்டும். அதே சமயம் மின் அழுத்தத்தை நிறைவான அளவில் நிலைநிறுத்தச் செயல்பாட்டு மின்திறனும் (active power) எதிர்வினைப்பு மின்திறனும் (reactive power) ஒருங்கிணைந்து கட்டுப்படுத்தப்படவேண்டும்.

ஒரு மின்திறன் அமைப்பின் செயல்பாட்டு மின்திறன் சுமையும் எதிர்வினைப்பு மின்திறன் தேவைகளும் மின்சுமையின் மாற்றங்களுக்கேற்ப உடனுக்குடன் மாறுகின்றன. செயல்பாட்டு மின்திறன் என்பது மின்னாக்க நிலையங்களில் கட்டுப்படுத்தப்படும்போது எதிர்வினைப்பு மின்திறன் என்பது மின்கொண்மி அடுக்குகள் (capacitor banks) அல்லது ஒத்தியங்கு கொண்மிகள் (synchoronous condensers) மூலமாக அக உற்பத்தி (local generation) எதிர்வினைப்பு கி. வோ. அ. (reactive KVA) மூலமாகக் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. ஒத்தியங்கு மின்னோடி, திறன் கூற்று எண்ணை 0.7-1.0க்கு உயர்த்துவதற்கும் முந்தும் திறன் கூற்று அளவை (leading power factor) உண்டாக்குவதற்கும் பயன்பட்டால் அதற்கு ஒத்தியங்கு கொண்மி எனப் பெயர். மின்கொண்மி அடுக்குகளைவிட ஒத்தியங்கு கொண்மிகள் 100% எதிர்வினைப்பு மின்திறனை வழங்கவல்லவை. மேலும் மிகுதியான நிலைப்புப்படுத்தும் விளைவுகளை (stabilising effects) மின்திறன் அமைப்பின் மின்னழுத்தங்கள் மீது ஏற்படுத்த வல்லவை. எந்திரங்களுக்கிடையே ஒத்தியக்கத்தை (synchoronism) நிலைப்படுத்த வல்லவை.

ஒத்தியங்கு கொண்மி என்பது மிகுதியான கிளர்வின்போது எதிர்வினைப்பு மின்திறனை வழங்கும் ஓர் ஒத்தியங்கு மின்னோடியாகச் (synchoronous motor) செயல்படும். ஓர் ஒத்தியங்கு மின்னோடியின் மின்திறன் கூற்றை (power factor) விரும்பிய அளவில் மாற்றம் செய்யலாம் என்பதால் அது பல முக்கிய மின் எந்திர நிறுவனங்களில் குறைந்த மின்திறன் கூற்றில் இயங்கும் இடங்களில் பயன்படுகிறது.

ஒத்தியங்கு மின்னோடி மிகுதியான கிளர்வின் போது ஒரு மின்கொண்மியாகச் செயல்பட்டு முந்தும் மின்சுமையை (leading KVA) எடுத்துக்கொண்டு செல்கிறது. இதன் காரணமாக ஒத்தியங்கு மின்னோடி அதனுடன் தொடர்புடைய திறன் அமைப்புகளுடன் மின்திறன் கூறை முன்னேற்றம் செய்வதற்காக இணைநிலையில் இணைக்கப்படுகிறது. எந்திரச் சுமை (mechanical load) கிடைக்கப்பெறாதபோதும் இத்தகைய மின்னோடிகளைக் குறைந்த சுமையில் இயக்குவது பயன்மிக்கதாகும். ஏனெனில் அவற்றின் தலையாய குறிக்கோள் மின்திறன் கூற்றை முன்னேற்றுவதேயாகும்.

திறன் கூற்றை மின்திறன் பெறும் முனையிலேயே (receiving end) கட்டுப்படுத்தாவிட்டால், நெடுந்தொலைவு மின்செலுத்தக் கம்பித் தொடர்களை நிறைவான முறையில் இயக்குவது கடினமாகும். அதிக ஒத்தியங்கு மின்னோடிகளைக் குறைந்த அழுத்தத்தில் ஓடச் செய்வதன் மூலம் இது செய்யப்படுகிறது. ஒத்தியங்கு மின்னோடிகள் எந்திரச்சுமை இல்லாமல் இயங்குகிறபோது அவற்றின் தலையாய



படம் 1 (அ) ஒத்தியங்கு கொண்மியின் மூலம் திறன் கூற்றை 1-க்கு உயர்த்துதல்

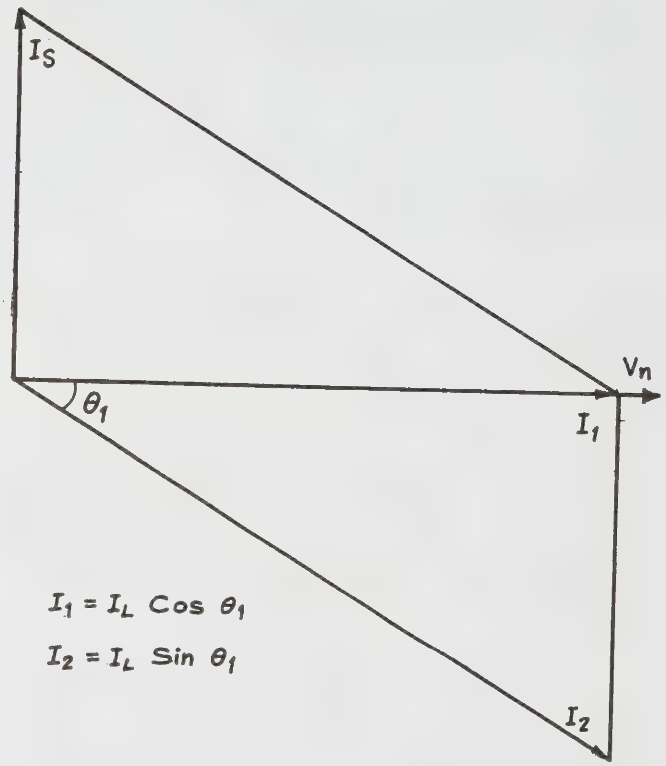
பணி முந்தும் மின்சுமையை எடுத்துக்கொள்வதிலேயே இருப்பதால், அவை ஒத்தியங்கு கொண்மிகள் (synchronous condenser) என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன. நெடுந்தொலைவு மின்செலுத்தக் கம்பித் தொடர்களில் இத்தகைய கொண்மிகள் அடிக்கடி பிந்தும் சுமையைச் சுமந்து இயங்குகின்றன.

மின்திறன் அமைப்பின் திறன் கூற்றை ஒத்தியங்கு கொண்மிகள் மூலமாக ஒற்றை அளவுக்கு உயர்த்தும் முறை.

படம் 1 இல் மின்னழுத்தம் V - இல் மின்னோட்டம் Il - ஐ எடுத்துக்கொண்டுதிறன்கூறு$\text{Cos}\theta$, அளவு பிந்தும் மின்னோட்டத்துடன் இயங்கிக் கொண்டு இருக்கும் ஒரு முத்தறுவாய் மின்சுமை (three phase load) காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்திறன் அமைப்பின் மின்திறன் கூற்றை ஒற்றை அளவுக்கு உயர்த்தக்கூடிய ஓர் ஒத்தியங்கு கொண்மியின் வரையளவைத் (rating) தீர்மானிக்க வேண்டும். மின்திறன் அமைப்பை ஒரு முக்கிளை இணைப்புக் (star connected) கொண்டதாக எடுத்துக் கொள்ளலாம் என்பது பொதுநிலை மையத்தில் உள்ள (neuitral) மின் அழுத்தமாகும். படம் 1 (ஆ)-வில் காட்டப்பட்டுள்ள திசையன் விளக்கப்படத்தில் (vector diagram) சுமையின் மின்னோட்டம் I_2 (load current) - ஐ θ, அளவு பிந்துகிறது (lag). மின்னோட்டத்தை இரு உறுப்புகளாக (components) பிரிக்கும்போது ஒன்று செயல்பாட்டு உறுப்பாக $I_1 = \cos\theta$ என்றும் மற்றொன்று செங்குத்து உறுப்பாக (quadrature component) ($\sin\theta_1$) என்றும் பிரிகின்றன.

ஒத்தியங்கு கொண்மி சுமை இல்லாமலும் செங்குத்து மின்னோட்டத்திற்கு (quadrature current) 90° கூட்டியும் (added at right angles) இயங்கிக் கொண்டிருக்கும்போது, அதன் செங்குத்து மின்னோட்டத்தைவிடச் (quadrature current) செயல்பாட்டு மின்னோட்டம் சிறிய அளவில் இருக்கும். அதனால், ஒத்தியங்கு கொண்மியின் மொத்த மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு, இச் செயல்பாட்டு மின்னோட்டத்தைத் தள்ளிவிடலாம்.

திறன்கூறு ஒற்றை அளவில் இருக்கும்போது, கொண்மியின் மின்னோட்டம் (I_s)ம் செங்குத்து மின்னோட்டம் பெருமளவில் (substantially) ஒன்றாக இருக்கும். ஆனால் முந்தல் மின்னோட்டத்துடன் (leading) இயங்கிக் கொண்டிருக்கும். அதனால் ஒத்தியங்கு கொண்மியின் மின்சுமை அளவு (KVA rating) $V_n I_s = V_n I_2$ (Voltampere/pulse) ஒத்தியங்கு கொண்மியால் அதன் இழப்புகளைச் சீராக்க சிறிய அளவில் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் செயல்பாட்டு மின்னோட்டத்தை I_1உடன் சேர்த்துக் கொள்ள வேண்டும். அதன் மூலம் மொத்தச் செயல்பாட்டு மின்னோட்டம் சிறிதளவு உயரும்.

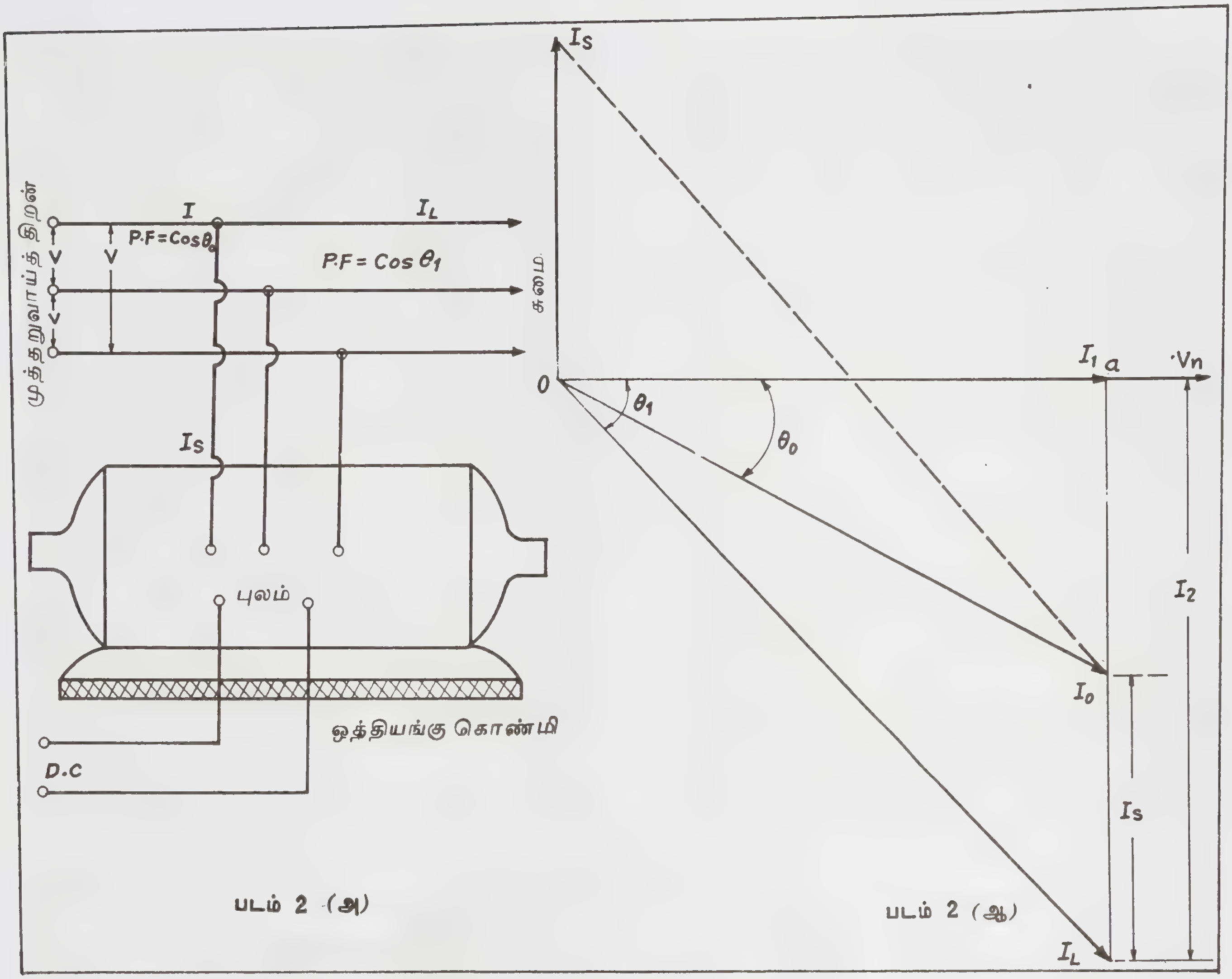


படம் 1 (ஆ). ஒத்தியங்கு கொண்மியின் உதவியால் திறன் கூற்றை 1-க்கு உயர்த்துவதற்கான திசையன் விளக்கப்படம்

திறன்கூற்றை ஒற்றை அளவுக்கும் (unity) குறைவாகக்கொண்டு வர விரும்பினால், குறைந்த அளவு திறனுடைய ஒத்தியங்கு கொண்மிகளைப் பயன்படுத்தலாம். நடைமுறையில் சாதாரணமாக திறன்கூற்றை 0.9 அல்லது 0.95-க்கு மேல் உயர்த்துவது ஏற்றதாகும். ஏனெனில் இந்த அளவுக்கு மேல் திறன் கூற்றை உயர்த்துவதால் பயன் ஏற்படுவதில்லை. மேலும் திறன்கூற்றில் சில இறுதி அளவு விழுக்காடு உயர்வு ஏற்படுத்துவதற்குக் கொண்மியின் கொள்ளளவைப் (condenser capacity) பலமடங்கு உயர்த்த வேண்டும்.

படம் 2(அ) மற்றும் (ஆ)வில் காட்டப்பட்டுள்ள படிசுமைக்கூறு (load factor) $\text{Cos}\theta_1$ ஆகும். ஒத்தியங்கு கொண்மியின் சுமை சுழி என்றும் அதனுடைய இழப்புகள் தள்ளப்படும் அளவில் உள்ளன என்றும் எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

சுமைமின்னோட்டம் $I_3 = ob$ இரு உறுப்புகளாக $I_1 = OW$ என்றும் $I_2 = ab$ என்றும் படம் 1(அ)-வில் காட்டியவாறு பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 2 (ஆ) ஒத்தியங்கு கொண்மியின் உதவியால் திறன் கூற்று மதிப்பை $Cos\theta_0$க்கு உயர்த்துதல்

மின்திறன் அமைப்பின் திறன் கூற்றை $Cos\theta_0$ என்ற அளவில் உயர்த்தக்கூடிய ஓர் ஒத்தியங்கு கொண்மியின் வரையளவைத் தீர்மானிக்கலாம். மின்திறனும் அதனால் மின் ஆற்றல் மின்னோட்டம் I_1உம் நிலையாக வைக்கப்படுவதால் V_n-ஐθ_0- என்ற அளவில் பிந்திய நிலையில் ஆனால் ab- கோட்டில் முடிவுற்ற (terminate) நிலையில் தொகுமின்னோட்டம் I_0 (resistant current) நிறுத்தி வைக்கப்படுகிறது. ஒத்தியங்கு கொண்மியின் மின்னோட்டம் கீழ்க்காணும் மதிப்பைக் கொண்டது.

$$I_s = I_1 \ Sin\theta_1 - I_0 \ \ Sin\theta_0 = I_2 \ - I_0 Sin\theta_0$$

தொகு மின்னோட்டம் I_0 என்பது பளு மின்னோட்டம் I_2, கொண்மியின் மின்னோட்டம் I_s ஆகியவற்றின் திசையன் கூட்டுத்தொகை ஆகும். கொண்மியின் இழப்புகளை வழங்கத் தேவையான சிறிய செயல்பாட்டு மின்னோட்டம் தள்ளப்படும் அளவில் இல்லாத போது மட்டும் மின்னோட்டம் உடன் சேர்க்கப்பட வேண்டும்.

- வி.எம்.ஜி. இராமானுஜம்

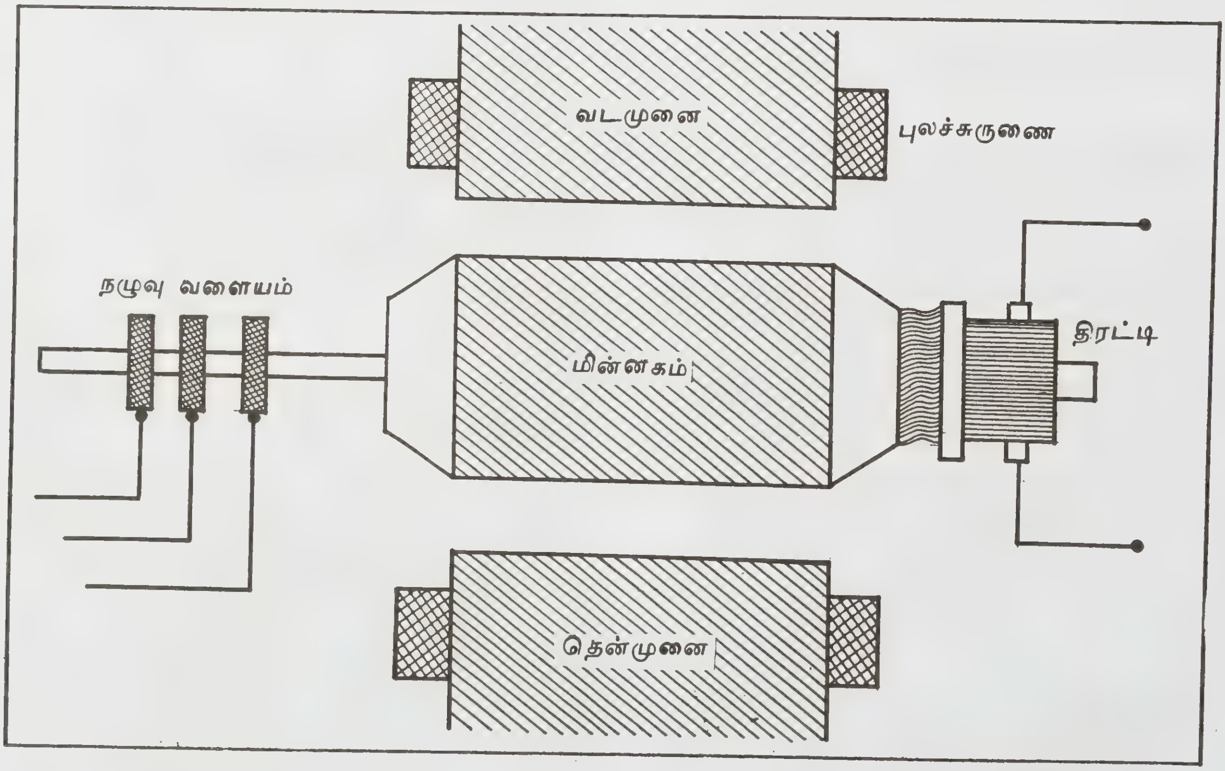
ஒத்தியங்கு திசைமாற்றி

மாறுதிசை மின்னோடிகளும், மின்னாக்கிகளும் உருவாக்கப்படு முன்பே நேர் திசை மின்னோடிகளும் மின்னாக்கிகளும் பயன்பட்டு வந்தன. குறிப்பாக மின்தொடர் வண்டிகள் (electric trains), உயர்த்திகள் (elevators) இவற்றை இயக்க நேர் மின்னோடிகள் சிறந்தவை. மின்வேதியியல் பயன்களுக்கு நேர்மின்னோட்டமே தேவையாகும். ஆனால் உற்பத்தி செய்யவும், பல இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லவும் மாறுதிசை மின்னோட்டமே ஏற்றது. எனவே மேற்கூறிய பயன்களுக்கு மாறுதிசை

மின்னோட்டத்தை நேர்மின்னோட்டமாக மாற்ற வேண்டியுள்ளது. இதற்கு ஒத்தியங்கு திசை மாற்றிகள் (synchronous converter) பயன்பட்டன. தற்காலத்தில் மின் திருத்திகள் (rectifiers) பெரிதும் பயன்படுவதால் ஒத்தியங்கு அலை மாற்றிகளின் பயன் குறைந்தது எனலாம்.

கட்டமைப்பு *(construction)* ஒத்தியங்கு அலை மாற்றியின் கட்டமைப்பு, படம் 1 இல் காட்டப் பட்டுள்ளது. நேர்திசை மின்னாக்கியில் (D. C. generator) உள்ளது போல, சுழலாத காந்த முனைகளுக் கிடையே, ஒரு மின்னகம் (armature) சுழலும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சுழலியின் (rotor) அச்சின்மீது ஒரு பக்கத்தில் நழுவு வளையங்களும் (slip rings) இன்னொரு பக்கத்தில் திரட்டியும் (commutator) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்னகச் சுருள்களிலிருந்து நழுவு வளையங்களுக்கும், திரட்டியின் துண்டு களுக்குத் தக்கவாறு மின்னிணைப்புகள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. ஒன்று, மூன்று, ஆறுஅல்லது பன்னிரண்டு தறுவாய (phase) மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்சுற் றில் இயங்கும் வண்ணம் மின்னகத்திலிருந்து முறையே 180°, 120°, 60°, அல்லது 30° மின்கோண இடைவெளியில் நழுவு வளையங்களுக்கு மின்னி ணைப்புகள் இரண்டு மூன்று ஆறு அல்லது பன்னிரண்டு நழுவு வளையங்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்கள் மீதும் திரட்டியின் மீதும், மின்தொட்டி கள் (brushes) தொட்டுக் கொண்டு இருக்கும். நிலை யகம் (stator) உள்ள காந்த முனைகள் மீது புலச் சுருணைகள் (field windings) சுற்றப்பட்டிருக்கும்.

செயல்படும் முறை *(principle of operation)*. புலச் சுருணைகளுக்கு நேர்மின்னோட்டம் அளிக்கப்பட்டுக் காந்த முனைகள் கிளர்ச்சியூட்டப்படும் (excited). மின்னகம் காந்த முனைகளுக்கிடையே சுழலும் போது, மின்னகக் கம்பிகள் வட மற்றும் தென் காந்த முனைகளின் காந்தக் கோடுகளை வெட்டுவ தால் மின்னகக் கம்பிகளில் மின்னியக்கு விசை (e. m. f) தூண்டப்படும். மின்னகக் கம்பி, வட மற்றும் தென் காந்த முனைகளுக்கடியில் மாறி மாறிச் செல்வதால், மின்னகத்தில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் திசையும் அதற்கேற்பமாறும். ஆனால் மின்னகச் சுருள்கள் திரட்டியின் துண்டு களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்துண்டுகள் மீது உராய்ந்தவாறு மின்தொடிகள் அமைக்கப்பட் டுள்ளன. மின்னகச் சுருள் ஒன்றின் ஒருபக்கக் கம்பிகள் வடகாந்த முனையின் கீழ் உள்ளபோது, ஒரு குறிப்பிட்ட மின்தொடியையும் அதே கம்பிகள் தென்காந்த முனையின் கீழ் உள்ள போது இன் னொரு மின்தொடியையும் தொடுவதால், ஒரு மின் தொடி எப்போதும் நேர்மறை மின்முனைப்பும், மற் றொரு மின்தொடி எப்போதும் எதிர்மறை மின் முனைப்பும் (positive and negative polarities) கொண் டிருக்கும். இதனால், மின்னகச் சுருள்களில் தூண்டப் படுவது மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையானாலும்,



படம் 1.

திசைமாற்றி மீதுள்ள மின்தொடிகளில் பெறப்படுவது நேர்மின்னியக்கு விசையேயாகும்.

மின்னகத்தின் மற்றொரு பக்கத்திலுள்ள நழுவு வளையங்களுடன் மின்னகக் கம்பிகள் இணைக்கப் பட்டு, நழுவு வளையங்கள் மீது எப்போதும் உராய்ந்தபடி இருக்கும் வண்ணம் மின்தொடிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த மின்தொடிகளிலிருந்து திசைமாறும் மின்னழுத்தத்தைப் பெறலாம். இந்த எந்திரத்தின் புலச் சுருணைகளுக்கு நேர்மின்னழுத்த மளித்துக் கிளர்ச்சியூட்டி, நேர்மின் மின்தொடி களுக்கு நேர்மின்னழுத்தம் அளித்தால், நேர் மின்னோடி போலச் செயல்படும். இந்நிலையில் நழுவு வளையங்களிலிருந்து திசைமாறும் மின்னழுத்தத் தைப் பெறலாம். இவ்வாறே புலச் சுருணைகளுக்கு நேர்மின்னழுத்தமும், நழுவு வளையங்களுக்கு மாறு திசை மின்னழுத்தமும் அளித்தால் இந்த எந்திரம் ஒத்தியங்கு மின்னோடி (synchronous motor) போலச் செயல்படும். இந்நிலையில் திசைமாற்றி மீதுள்ள மின்தொடிகளிலிருந்து நேர்மின்னழுத்தத்தைப் பெற லாம். இதுவே ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியின் தத்துவ மாகும். நேர்மின் சுமை அதிகரிக்கும்போது, ஒத்தி யங்கு மின்னோடியில் நிகழ்வது போலவே, சுழலி தன் நிலையில் பின் தங்கும்; ஆனால் சுழலியின் வேகம் குறையாது.

கட்டமைப்பிற்கேற்ப இந்த எந்திரம் ஒன்று, மூன்று, ஆறு, பன்னிரண்டு தறுவாய் மாறுதிசை மின்னழுத்தங்களை எடுத்துக் கொண்டு, நேர் மின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும். இதன் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும், நேர் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள விகிதம் மாறாது. எனவே, வெளி வரும் நேர்மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பை மாற்ற வேண்டுமாயின், அளிக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத் தத்தின் மதிப்பை அதற்கேற்ப மாற்ற வேண்டும்.

இந்த எந்திரத்தின் மின்னகத்தில் நழுவு வளையம் வழியே உட்செலுத்தப்படும் மின்னோட்ட மும், திசைமாற்றி வழியே வெளியே எடுக்கப்படும் மின்னோட்டமும், மின்னகக் கம்பிகளில் எதிர்த் திசைகளில் பாய்வதால், மின்னகத்தில் நிகர மின் ஓட்டம் மிகவும் குறைவாக இருக்கும். எனவே மின்னகத்தில் ஏற்படும் திறனிழப்பும் குறைவேயாகும். அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னகத் திறனிழப்பிற்கு, இந்த எந்திரத்தின் வெளியீட்டுத் திறன் மிகுதியாக இருக்கும். மின்னக மின்னோட்டம் குறைவாக உள்ளதால், மின்னக எதிர்வினைப்பும் (armature reaction) மின்னழுத்த மாற்றமும் குறைவாக இருக்கும்; திரட்டியில் மின்பொறி உண்டாகாது.

இந்த எந்திரம், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொண்டு ஒத்தியங்கு மின்னோடி போலச் செயல்படுவதால், புலச் சுருணை மின்னோட்டத்தைத் தக்கபடி மாற்றி மாறுதிசை மின்னோட்டத் திறன் கூற்றை மாற்றலாம். அதாவது கிளர்ச்சியூட்டும் மின்னோட்டத்தை மிகவும் குறைத்தால், காந்தப்புல வலிமை குறையும். இதை ஈடு செய்ய மாறுதிசை மின்சுற்றிலிருந்து மிகுதியான மின்னோட்டம் மின்ன கத்தில் பாயும். இந்நிலையில் காற்று இடைவெளியில் (air gap) உள்ள காந்தப் பாயத்தின் அளவு குறை யாமல் இருப்பதால், பெறப்படும் நேர்மின்னழுத்தத் தின் அளவு, திறன்கூற்றைப் பொறுத்து மாறுவ தில்லை. ஆனால் கிளர்ச்சியூட்டும் மின்னோட்டம் குறையும்போது திறன் கூறு குறைவதுடன், மின்ன கத்திறனிழப்பும் வெப்பநிலையும் உயரும். எனவே இந்த எந்திரத்தின் திறன்கூறு 0.95க்கு (முந்து அல்லது பிந்து) பக்கமாக இருக்குமாறு இயக்கப்படும். திசை மாறும் மின்னோட்டத்தை நேர்மின்னோட்டமாக மாற்றுவதுடன், திசைமாறும் மின்னோட்ட மின்ன மைப்பின் (a.c system) திறன்கூற்றை உயர்த்தவும் இந்த எந்திரம் பயன்படும்.

மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் முறைகள். ஒத்தியங்கு அலை மாற்றியில், அதன் உள்ளீட்டு மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும், வெளியீட்டு நேர் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் நிலையானது. எனவே மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் மூலமே, நேர்மின்னழுத்தத்தை மாற்ற முடியும். இதற்கு ஒத்தியங்கு மின் உயர்த்திகளைப் (synchronous boosters) பயன்படுத்துதல், தூண்டல் வகை மின்னழுத்தச் சீரமைப்பானைப் (induction regulator) பயன்படுத்துதல், உள்ளீட்டு மின்மாற்றிகளில் மடை மாற்றிகளை (tap changes in inpur trans formers) அமைத்தல், உள்ளீட்டு மின்வழிகளில் எதிர்வினைப்பி களைத் தொடராக இணைத்தல் ஆகிய முறைகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

ஒத்தியங்கு மின்னுயர்த்தி முறை. இம்முறையில், ஒத்தியங்கு அலைமாற்றியின் அச்சு மீது தக்கதொரு மாறுதிசை மின்னாக்கி அமைக்கப்பட்டு, இதன் மின்னழுத்தம் ஒத்தியங்கு திசைமாற்றிக்கு அளிக்கப் படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைக் கூட்டவோ குறைக்கவோ செய்யும்படி மாறுதிசை மின்னாக்கி தொடராக இணைக்கப்படுகிறது. இதன் புலச் சுருணை மின்னோட்டத்தைத் தக்கபடிக் கட்டுப் படுத்தி, ஒத்தியங்கு அலை மாற்றியின் நேர் மின்னழுத்தத்தின் அளவை ஏறக்குறைய $\pm$ 20% வரை கட்டுப்படுத்தலாம்.

தூண்டல் வகை மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் முறை. இம்முறையில், ஒத்தியங்கு திசைமாற்றியின் நழுவு வளையங்களுக்கும், மாறுதிசை, மின்சுற்றுக்கும் இடையே ஒரு தூண்டல் வகை மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் தொடராக இணைக்கப்படுகிறது. இச்சீரமைப்பானின் சுழலியின் கோணத்தைத் தக்க படி மாற்றி வைப்பதன் மூலம் ஒத்தியங்கு திசை

மாற்றிக்கு அளிக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைக் கூட்டவோ குறைக்கவோ செய்யலாம். இம்முறை சற்றுச் சிக்கலும், சிக்கனமின்மையும் கொண்டிருப்பதால் பரவலாகப் பயன்படுவதில்லை.

மடை மாற்றிகளைக் கொண்ட மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தும் முறை. இம்முறையில் ஒத்தியங்கு திசைமாற்றிக்கு அளிக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அளவு தக்கபடி மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இம்முறை மிகவும் சிக்கனமானது. ஆனால் இம்முறையில் மின்னழுத்தத்தைச் சில படிகளில் மாற்ற முடியுமே அன்றி, தொடர்ச்சியாக ஒரே சீராக மாற்ற இயலாது.

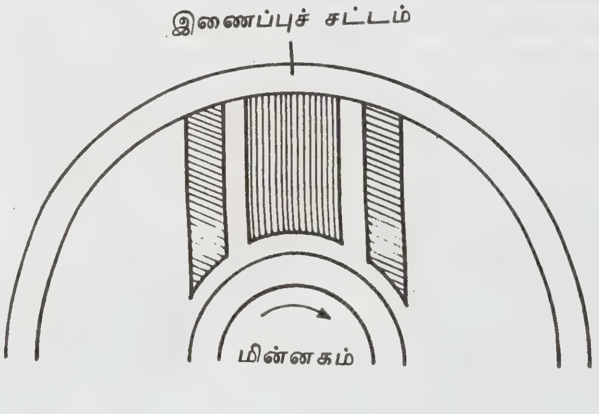
எதிர்வினைப்பிகளைப் பயன் படுத்தும் முறை. நேர் மின்னாக்கியில், மின்னகத்துடன் தொடராக ஒரு புலச்சுருணையை இணைப்பதன் மூலம், மின்னக மின்னோட்டம் மிகும்போது மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கும்படிச் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறே ஒத்தியங்கு திசைமாற்றியிலும், நேர்மின்னோட்டம் மிகும் போது நேர் மின்னழுத்தம் மிகுமாறு புலச் சுருணைகளைக் காந்தமுனைகள் மீது அமைத்து அவற்றை நேர்மின் சுமையுடன் தொடராக இணைக்கலாம். ஒத்தியங்கு திசைமாற்றியின் இணைப்புலக் காந்தப்பாயத்தின் அளவிற்கேற்ப, மாறுதிசை மின்னோட்டம் முந்தும் திறன் கூறு கொண்டதாகவோ பின்னடையும் திறன் கூறு கொண்டதாகவோ அமையும். மாறுதிசை மின் சுற்றிற்கும் நழுவு வளையங்களுக்குமிடையே, தொடராக எதிர்வினைப்பிகளை இணைத்தால், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அளவிற்கேற்ப எதிர்வினைப்பிகளில் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஏற்படும். எதிர்வினைப்பியின் அளவை மாற்றி, மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அளவை வேண்டியவாறு வைத்துக்கொள்ளலாம். மின்னளிப்புக் கம்பிகளிலும், (supply lines) மின்னகத்திலும் நேரும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சிகளைச் சற்றே ஈடுகட்டும்படியோ இம்மின்னழுத்த வீழ்ச்சிகளைவிட மிகுதியாக இருக்கும்படியோ, எதிர்வினைப்பிகளின் அளவை மாற்றிக் கொள்ளலாம். இம்முறை மிக எளிதாயினும், திறன் கூற்றிற்கேற்ப மின்னழுத்தம் மாறுவது ஒரு குறைபாடாகும்.

அலைவடிவைக் கட்டுப்படுத்தி மின்னழுத்தத்தைச் சீரமைத்தல். ஒரு நேர் மின்னாக்கியில் உண்டாக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் அளவு, மின்னகம் சுழலும் போது வெட்டப்படும் காந்தப் பாயத்தின் (magnetic flux) மொத்த மதிப்பையும், அதன் இடப்பகிர்வு அல்லது அலைவடிவையும் பொறுத்தது. ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியில் நேர் மின்னழுத்தமும், மாறுதிசை மின்னழுத்தமும் ஒரே காந்தப் பாயத்தால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. காந்தப் பாயத்தின் இடப் பகிர்வைப் பொறுத்து நேர்மின்னழுத்தத்தின் அளவு மாறுவதில்லை. ஆனால் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அளவு மாறுகிறது. எனவே காந்தப் பாயத்தின் இடப் பகிர்வை (அலைவடிவை) மாற்றி நேர் மின்னழுத்தத்திற்கும் மாறுதிசை மின்னழுத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தை மாற்றலாம்.

காந்தப்பாயத்தின் அலைவடிவை மாற்றும் முறை.

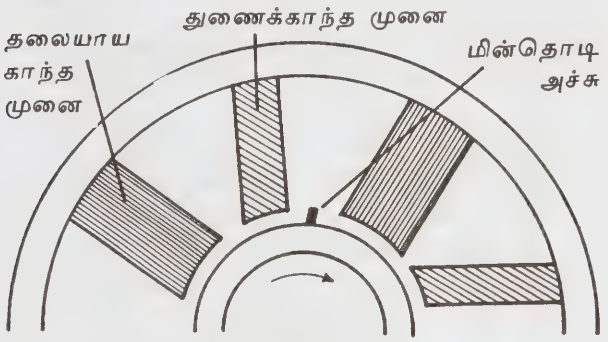
ஒருகாந்த முனையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்து அமைத்தல். எந்திரத்தின் காந்தமுனை ஒவ்வொன்றையும் படம் 2 இல் காட்டியுள்ளபடி மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்து அவற்றைத் தனித்தனியே கிளர்ச்சி யூட்டினால் அம்மூன்று பகுதிகளிலிருந்தும் வரும் காந்தப் பாயங்களைத் தனித்தனியே கட்டுப்படுத்தலாம். காந்த முனையின் மையப் பகுதியில் காந்தப்பாயம் மிகுதியாகவும், ஓரப்பகுதிகளில் குறைவாகவும் இருக்கும்படிக் கிளர்ச்சியூட்டினால் நேர்மின்னழுத்தம் குறைவாகவும், மையப்பகுதியில் உள்ள காந்தப்பாயம் மிகுதியாக இருக்குமாறு கிளர்ச்சியூட்டினால் நேர்மின்னழுத்தம் நடுத்தரமாகவும், மூன்று பகுதிகளுக்கும் முழுமையாகக் கிளர்ச்சி யூட்டினால் நேர் மின்னழுத்தம் மீப்பெரு அளவாகவும் இருக்கும். இம்மூன்று நிலைகளிலும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அலை வடிவம் வெவ்வேறாக இருக்கும். எனவே இம்முறையில் நேர்மின்னழுத்தத்திற்கும், மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தைத் தக்கபடி மாற்றி அமைக்க முடியும். மின்னழுத்த அலையில் மூன்றாம் கிளை அலைகள் (third harmonics) இல்லாமல் இருக்க உள்ளீட்டு மின்மாற்றியின் சுருணைகளைத் தக்கபடி இணைக்க வேண்டும்.

துணைக் காந்த முனைகளைப் பயன்படுத்துதல். ஒரு நேர்மின்னாக்கியில் மின்தொடிகளை இடம் மாற்றி வைத்தால் மின்னழுத்தத்தின் அளவு மாறுபடும். இவ்வாறே மின்தொடிகளை இடம் பெயர்ப்பதற்குப் பதிலாக காந்தப்புலத்தை இடம் பெயரச்செய்யலாம். இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒத்தியங்கு திசை



படம் 2.

மாற்றியின் மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுபடுத்தலாம். இதில் உள்ள முதன்மைக் காந்த முனைகள் மீதும், அவற்றிற்கிடையே உள்ள துணைக் காந்த முனைகள் மீதும் தனித்தனியே கிளர்ச்சியூட்டும் சுருணைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. துணைக் காந்த முனை, அதன் அருகிலுள்ள தலையாய காந்த முனையின் முனைப்புக் கொண்டதாக இருக்கும்படி அதன் காந்தப் பாயத்தை அதிகரிப்பது மின்தொடிகளை இடம் பெயர்ப்பதற்கு ஒப்பாகும்; இதனால் நேர்மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும். இவ்வாறே, துணைக் காந்த முனையின் முனைப்பை மாற்றினால், நேர்மின்னழுத்தம் குறையும்.



படம் 3

இம்முறைகளில் அலைவடிவம் பெரிதும் பாதிக்கப்படுவதால் தற்காலத்தில் பயன்படுவதில்லை.

தொடங்கும் முறைகள். ஒத்தியங்கு திசை மாற்றிகளை நேர்மின்னோடி போலவோ தூண்டு மின்னோடி போலவோ துணை மின்னோடியைக் கொண்டோ, நேர்மின்னோடி போலவோ தொடங்கலாம். முன்னரே ஒத்தியங்கு திசை மாற்றிகள் ஓடிக்கொண்டிருப்பின் அங்கே நேர்மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். இத்தகைய இடத்திலோ வேறு நேர் மின் செலுத்தம் உள்ள இடத்திலோ ஓர் ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியைத் துவக்க வேண்டுமானால், அதை நேர் மின் இணைப்புல மின்னோடி (D. C. shunt motor) போலத் தொடங்கலாம். பின், அதன் மாறுதிசை மின்னோட்டப் பகுதியை, ஓர் ஒத்தியங்கு அளவியின் (synchroscope) உதவியால் மாறுதிசை மின்சுற்றுடன் இணைக்கலாம். இந்த எந்திரத்தில் தொடர்புலச் சுருணை இருப்பின், தொடக்க காலத்தில் அதன் காந்தப்புலம் இணைக் காந்தப்புலத்தை எதிர்க்காமல் இருக்க, தொடர் சுருணையின் முனைகள் குறுக்கீடு (short circuit) செய்யப்பட வேண்டும்.

ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியின் மாறுதிசைப் பகுதி ஒரு மின்மாற்றியுடன் (transformer) நிலையாக இணைக்கப்பட்டிருப்பின், மின்மாற்றியை மின் சுற்றிலிருந்து பிரித்துவிட வேண்டும். இருப்பினும் மின் மாற்றியின் முதற் சுருணைகள் (primary windings) ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியுடன் இணைக்கப் பட்டிருந்தால், அவை எடுக்கும் மின்னோட்டத்தால் தொடக்க காலத்தில் நேர்மின்சுற்றிலிருந்து எடுக்கப்படும் மின்னோட்டம் மிகுதியாகும்.

தூண்டு மின்னோடி போலத் தொடங்குதல்; ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியில் வேட்டையாட்டம் (hunting) இல்லாமலிருக்க, அதன் காந்த முனைகளின் நுனியில் ஒடுக்கல் கம்பிகள் (damping bars) பதிக்கப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்களுக்கு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் அளிக்கையில், ஒடுக்கல் கம்பிகள் அணிற்கூட்டுச் சுழலி (squirrel cage rotor) போலச் செயல்படுவதால் தூண்டு மின்னோடி போல ஓடத் தொடங்கும். புலச்சுருணைகளில் உயர்மின்னழுத்தம் தூண்டப்படாமல் இருக்க, தொடக்க காலத்தில் குறைந்த மின்னழுத்தமே அளிக்க வேண்டும். சுழலி, ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கும் சற்றுக் குறைவான வேகத்தில் ஓடும். இப்போது புலச்சுருணைக்கு நேர் மின்னழுத்தம் அளித்து நழுவு வளையங்களுக்கு முழு அளவு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் கொடுத்தால் ஒத்தியங்கு வேகத்தில் ஓடும். ஆனால் இம்முறையில் சில சிக்கல்கள் உள்ளன.

துணை மின்னோடியைக் கொண்டு தொடங்குதல். இம்முறை மிகவும் எளிதானது. ஒரு சிறிய தூண்டு மின்னோடியையோ திசைமாற்றியைக் கொண்ட மின்னோடியையோ பயன்படுத்தி, ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியை அதன் ஒத்தியங்கு வேகத்தைவிடச் சற்று மிகு வேகத்தில் ஓட்ட வேண்டும். பின் துணை மின்னோடிக்கு மின்னாற்றலை நிறுத்தி, ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியின் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கு இணையாக வந்ததும் அதை மாறுதிசை மின்சுற்றுடன் இணைத்துவிட வேண்டும். தொடக்க கால மின்னோட்டத்தை மிகவும் குறைக்க வேண்டியிருப்பின் இம்முறை ஏற்றது.

நேர்மின்னாக்கிகள், மாறுதிசை மின்னாக்கிகள் போலவே பல ஒத்தியங்கு திசை மாற்றிகளை இணையாக இணைத்துச் செயல்பட வைக்கலாம். ஆனால் நிலையகத் திருத்திகள் (static rectifiers) நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்பட்ட பின்னர் இவற்றின் பயனும் குறைந்து விட்டது.

- கு. நல்லதம்பி

ஒதிய மரம்

இதற்கு உதியன். உதி, வாடியர் என்ற வேறு பெயர்களுமுண்டு. இதற்குத் தாவரவியலில் லேன்னியா கோரமண்டேலேகா (*Lanunea coromandelica*) என்று

பெயர். இது அனக்கார்டியேசி என்ற தாவரக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இதன் இனத்தில் 15 சிற்றினங்கள் உள்ளன. இவை ஆப்பிரிக்கா, தாய் லாந்து, சீனா, இந்தோசீனா, பர்மா, இலங்கை, இந்தியா முதலிய நாடுகளில் காணப்படுகின்றன. ஆனால் இந்தியாவில் லேன்னியா கோரமண்டேலிகா என்ற சிற்றினம்தான் வளர்கிறது. இந்தியாவில் பரவலாக அனைத்து இடங்களிலும் இமயமலைப் பகுதியில் 1500 மீட்டர் உயரம் வரையிலும் வளர் கிறது. இம்மரம் தமிழ் நாட்டில் வறண்ட தென் மாவட்டங்களில் செழிப்பாக வளர்கிறது. ஒதியன் அனைத்து மண்வகைகளிலும் வளரும் தன்மையுடை யது. பாதுகாத்து வளர்க்கப்பட்டால் இம்மரம் 24 மீட்டர் உயரமும் 2 மீட்டர் சுற்றளவும் கொண்ட பெரிய மரமாக வளரக்கூடும்.

சிறப்புப் பண்பு. ஒதியன் ஓர் இலையுதிர் வகையைச் சேர்ந்தாலும் இது தமிழ் நாட்டில் ஆண்டு முழுதும் பசுமையாகக் காணப்படும். இது தடித்த மென்மையான கிளைகளுடனிருக்கும். இலைகள் கூட்டிலைகளாக மாற்றடுக்கில் இணையாக இல்லாத சிறகுக் கூட்டிலைகளாகக் காணப்படும். சிறு கிளை களின் நுனியில் கொத்தாக இருக்கும். சிற்றிலைகள் முழுமையாக எதிர் அடுக்கில் அமைந்தவை. இலை யடிச் சிதல்களற்றிருக்கும்.

மஞ்சரி. பானிக்கள் மஞ்சரிகளில் கொத்தாக இருக்கும். மலர்கள் சிறியவை; ஒரு பால், அரிதாக இருபால் மலர்கள் கொண்டவை. குறுகிய காம்பு களுடன் உச்சியில் அமைந்திருக்கும்.

புல்லி. 4 மடலானவை. நிலையானவை, மடல்கள் வட்டமாகவும், திருகு, இதழமைவிலும் இருக்கும்.

அல்லி. 4 திருகு இதழமைவான வட்டத்தட்டு வளையம் போன்றவை, 8 மடலால் ஆனவை, மகரந் தத்தாள், 8, வட்டத்தட்டினடியில் செருகப்பட்டி ருக்கும்.

மகரந்தக்கம்பி. ஆண் மலரில் சமமில்லாமலும், மெலிந்தும் இருக்கும். மகரந்தப்பைகள் முட்டை வடிவமாகவோ ஈட்டிமுனை வடிவமாகவோ இருக்கும். பெண் மலரில் மிகவும் குட்டையாகவும், சிறியவை யாகவும், காணப்படும்.

மகரந்தப்பை. சிறியவை, வளமற்றவை. சூற்பை ஆண்மலரில் சிதைந்ததாயிருக்கும்.

சூல்தண்டு. 4, பெண் மலரில் முட்டை வடிவ மாகவோ சற்று உருண்டை வடிவமாகவோ இருக்கும். 4 அல்லது இதற்கு மேலுமான ஒற்றை அறைகள் கொண்டிருக்கும்.

சூல்தண்டுகள் நன்கு தெளிவாக நான்கு மூலை களிலிருந்தும் தோன்றியிருக்கும். சூல்முடி சிறிய தாகவும் கேடயம் போன்றும் இருக்கும். ஊசல் போன்ற சூல்கள் கொண்டவை. கனி ஒரு சிறிய

ஒதியன்

1. கொப்பு - இருபால்பூ 2,3,4. - சூலகம் நீள்வெட்டுத் தோற்றம் 5,6 - ஆண் இணை உறுப்பு (மகரந்தக் கோசம்) 7. புல்லி, புறஇதழ் 8. புல்லி வட்டம் 9,13- மலர் 10,12 அல்லி இதழ் 11. மஞ்சரி

முட்டை அல்லது நீள் வட்டமாக மெலிந்து சதைப் பற்றாக இருக்கும். உள் ஒடு கடினமாயிருக்கும். ஒரே ஓர் அறை மட்டும் விதை கொண்டிருக்கும். விதை ஆழ்ந்த தோற்றமுடையது. புற உறை, சவ்வு போன்றது. மரப்பட்டை தடிப்பானது, சாம்பல் நிற மாக வழவழப்பாயிருக்கும். மரத்தின் சட்டை சிவப்பு அல்லது பழுப்பு நிறமும் மிகுதியான பசையும் கொண்டது.

நன்கு வளர்ந்த ஒதியமரம் வீட்டு வேலை களுக்கும் பொருள் அனுப்பும் பெட்டிகளுக்கும், வண்டிச்சக்கரச் சட்டத்திற்கும், சிறிய பரிசல்கள் செய்வதற்கும் உதவும். மேலும் ஒட்டுப்பலகை (plywood) செய்யவும். பென்சில் தீக்குச்சிகள்

செய்யவும் இதைப்பயன்படுத்தலாம். நன்கு உலர்த் தப்பட்டுச் சீராக்கப்பட்ட மரம், காலணி அச்சு (boot lasts) நூல் சுற்றப்பயன்படும் கதிர்கள் (bobbin) செய்யவும் பயனாகிறது. இம்மரத்தின் இலைகள் கால்நடைத் தீவனமாகப் பயன்படுகிறது. இம்மரத் தினின்று வெளியாகும் பசையும் பயன்படுகிறது. தமிழ் நாட்டின் அனைத்து இலையுதிர் காடுகளிலும் இம் மரம் சாலையோர மரங்களாக வளர்க்கப்படுகின்றது. முருங்கையைப் போல் ஏறத்தாழ 20 செ. மீ. சுற்றளவும் 150 செ. மீ. உயரமும் உள்ள கிளையை நட்டால் அது வளர்ந்து மரமாகும். குறிப்பாக மணல் பாங்கான வறண்ட பகுதியில் மிகச் செழிப் பாக வளரும்.

டி. கே. சீனிவாசன்

ஒப்படர்த்தி

பொருள்களின் இயற்பியல் பண்புகளில் அடர்த்தியும் ஒன்றாகும். ஓரலகுப் பருமனுள்ள பொருளின் நிறை அப்பொருளின் அடர்த்தி (density) எனப்படும். இதன் அலகு கிலோகிராம்/கனமீட்டர் ஆகும். அடர்த்தி எண் அல்லது ஒப்பு அடர்த்தி (specific gravity) என்பது ஒரு பொருளின் நிறைக்கும், அதே கன அளவுள்ள நீரின் நிறைக்கும் உள்ள தகவாகும். இது, பொருளின் அடர்த்திக்கும் நீரின் அடர்த்திக்கும் உள்ள விகிதத் திற்குச் சமமாக இருக்கும். அதாவது ஒரு பொருளின் அடர்த்தியை, செந்தரமாகக் கொண்டுள்ள நீரின் அடர்த்தியோடு ஒப்பிட்டுக் கூறுவது ஒப்படர்த் தியாகும். ஒப்படர்த்திக்கு மதிப்பு மட்டுமே உண்டு, அலகில்லை. எனவே இதன் மதிப்பு, இயற்பியலில் பயன்படும் அலகு முறைகளுக்கு ஏற்ப மாறுபடுவ தில்லை.

திண்ம நீர்மப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தியை மதிப்பிடும் முறைகளில், பொதுவாக $4^{\circ}C$ வெப்ப நிலையில் ($39.2^{\circ}F$) உள்ள நீரின் அடர்த்தி செந்தர மாகக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இக்குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில், நீரின் அடர்த்தி 1 கி.கி/க.மீ. ஆக உள்ளது. வளிமப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தியை மதிப்பிடும் முறைகளில், நீரின் உருகுநிலையில் ($0^{\circ}C$ or $32^{\circ}F$) இயல் வளி மண்டல அழுத்தத்தில் உள்ள காற்றின் அடர்த்தியைச் செந்தரமாக ஏற்றுக்கொண்டுள்ளனர். நீரின் அடர்த்தியோடு ஒப்பிடுகையில் காற்றின் அடர்த்தி 0.001293 ஆகும்.

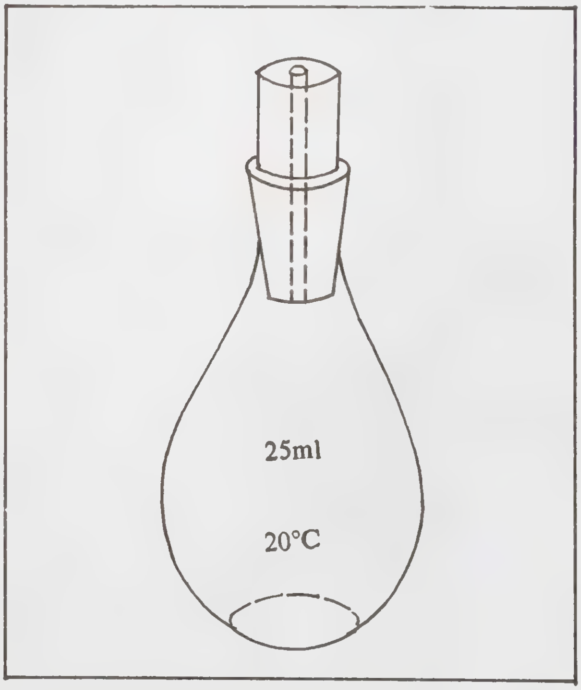
திண்ம, நீர்ம வளிமப் பொருள்களின் ஒப்படர்த் தியைக் கண்டறிய ஆய்வுக் கூடங்களில் பல்வேறு வழிமுறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன. திண்ம நீர்மப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தியை, ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி மிக நுட்பமாகக் கண்டறியலாம். முதலில் பொருளின் எடையை இயற்பியல் தராசின் மூலம் அறிந்து, பின்னர் அப் பொருளை ஒரு முகவை (beaker) வைக்கப்பட்டுள்ள நீரில் முழுதும் மூழ்கியிருக்குமாறு செய்து, அந் நிலையில் இதன் எடையைக் காண வேண்டும். ஆர்க்கிமிடீஸின் கொள்கைப்படி, நிலையான நீர் மத்தினுள் இருக்கும் ஒரு பொருள், தன்னால் இடப் பெயர்ச்சி செய்யப்பட்ட நீர்மத்தின் எடைக்குச் சமமான எடையை இழக்கும். இவ்விரு அளவீடுகளி லிருந்து பொருள் நீரினுள் இழந்த எடையைக் கணக்கிடலாம். இது அப்பொருளால் இடப்பெயர்ச் சிக்கு உள்ளாக்கப்பட்ட நீரின் எடைக்குச் சமமாக இருப்பதால்,

$$\text{பொருளின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{காற்றில் பொருளின் எடை}}{\text{நீரில் இழந்த எடை}} \text{ ஆகும்.}$$

நீர்மப் பொருளின் ஒப்படர்த்தியை அறிய, ஒரு பொருள் நீரிலும், அந்நீர்மத்திலும் இழக்கும் எடையைக் கண்டறிய வேண்டும். இதிலிருந்து நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தியை மதிப்பிடலாம்.

$$\text{நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருள் நீர்மத்தில் இழந்த எடை}}{\text{அதே பொருள் நீரில் இழந்த எடை}}$$

நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தியை ஒப்படர்த்திக் குப்பி யால் (specific gravity bottle) மதிப்பிடலாம். ஒப்படர்த்திக் குப்பி, ஒரு சிறிய துளையுள்ள



கண்ணாடி அடைப்பானால் மூடப்பட்ட, ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள சிறிய கண்ணாடிக் குடுவையாகும்.

தனித்த ஒரு ஒப்படர்த்திக் குப்பியின் நிறையையும், அக்குப்பி முழுதும் நீரையும், பின்னர் நீர்மத்தையும் நிரப்பி அதன் நிறையையும் தனித்தனியே கண்டறிந்து, இதிலிருந்து ஒப்படர்த்திக் குப்பியின் பருமனுள்ள நீர் மற்றும் நீர்மத்தின் நிறையையும், அதிலிருந்து நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தியையும் கணக்கிடலாம்.

$$\text{நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{நீர்மத்தின் நிறை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் நிறை}}$$

U வடிவக் குழாய், ஹேர்கருவி (Hare's apparatus) (படம் 2) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தியும் நீர்மங்களின் ஒப்படர்த்தியை அறியலாம்.

U-வடிவக் குழாயின் அடியில் உள்ள பாதரசம் அதன் இரு புயங்களிலும் சம அளவு மட்டத்தில் இருக்குமாறு, நீரை ஒரு புயத்திலும், நீர்மத்தை மற்றொரு புயத்திலும் ஊற்றிக் கொள்ள வேண்டும். பாதரச மட்டத்திலிருந்து நீர் மற்றும் நீர்மத் தம்பங்களின் உயரத்தை அளவிட்டால்,

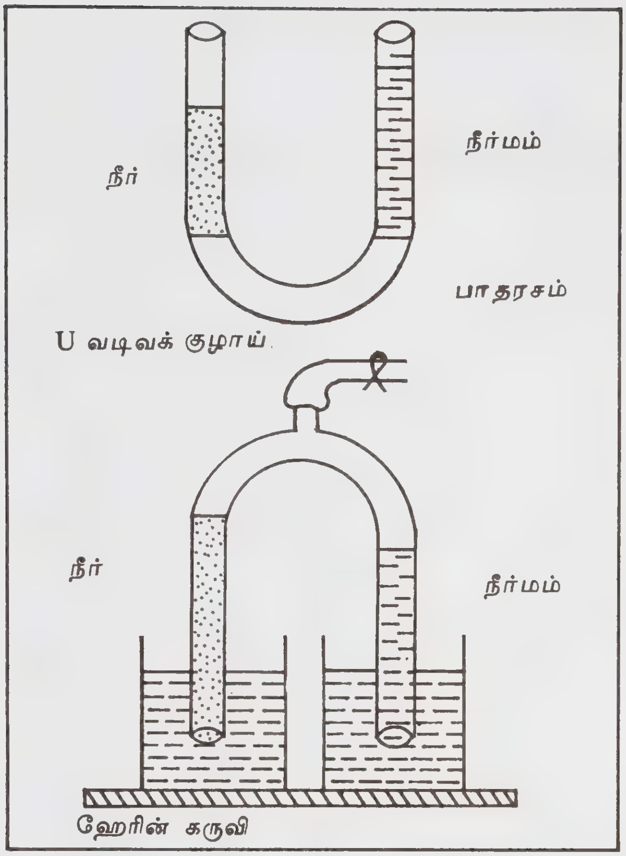
$$\text{நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த் தம்பத்தின் உயரம்}}{\text{நீர்மத் தம்பத்தின் உயரம்}}$$

இரு நீர்மங்களும் ஒன்றோடொன்று கலக்கக் கூடாதவையாயிருந்தால் இடையில் பாதரசம் தேவையில்லை. உயரங்களைப் பொது மட்டத்தில் இருந்து அளந்து கொள்ளலாம்.

U வடிவக் குழாய் தலை கீழாக நிறுத்தப்பட்டிருக்கும் அமைப்பே ஹேரின் கருவியாகும். இதன் இரு புயங்களின் அடிப்பகுதிகளை நீரிலும், நீர்மத்திலும் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்து, தலைப் பகுதியில் உள்ள ஒரு பக்கக் குழாயின் உதவியால் வளிமத்தை

அட்டவணை

பொருள்		ஒப்படர்த்தி	
		4°C வெப்ப நிலையில் உள்ள நீரின் அடர்த்தியோடு ஒப்பிட	0°C இலும் 1 வளிமண்டல அழுத்தத்திலும் உள்ள காற்றின் அடர்த்தியோடு ஒப்பிட
திண்மம்			
	பனிக்கட்டி	0.92	
	சோடியம்	0.97	
	குவார்ட்ஸ்	2.65	
	அலுமினியம்	2.70	
	செம்பு	8.92	
	ஈயம்	11.34	
	தங்கம்	19.30	
நீர்மம்			
	நீர்	1.00	
	பாதரசம்	13.60	
வளிமம்			
	காற்று	0.001293	1.000
	ஹைட்ரஜன்	0.000090	0.070
	ஹீலியம்	0.000179	0.138
	அமோனியா	0.000771	0.597
	நியான்	0.000872	0.674
	ஆக்ஸிஜன்	0.001429	1.105
	கார்பன் டை ஆக்ஸைடு	0.001977	1.530



உறிஞ்சி வெளியேற்ற, புயங்களில் நீர் மற்றும் நீர் மத்தம்பங்களின் மட்டம் மேலுயர்கின்றது. தம்பங் களின் உயரம், அழுத்த வேறுபாடு, நீர்மங்களின் அடர்த்தி இவற்றைப் பொறுத்து அழுத்த வேறுபாடு இரு புயங்களுக்கும் சமமாக இருப்பதால்,

$$\text{நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த் தம்பத்தின் உயரம்}}{\text{நீர்மத் தம்பத்தின் உயரம்}}$$

மிதத்தல் விதியைப் பயன்படுத்தியும் ஒரு நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தியை மதிப்பிடலாம். இதன்படி,

$$\text{நீர்மத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{ஒரு பொருள் நீரில் மூழ்கும் ஆழம்}}{\text{அதே பொருள் நீர்மத்தில் மூழ்கும் ஆழம்}}$$

நிக்கல்சன் நீர்ம அளவி பொது நீர்ம அளவி (hydrometer) போன்ற கருவிகள் மிதத்தல் விதியின் அடிப்படையில், நீர்மங்களின் ஒப்படர்த்தியைக் கண் டறியப் பயன்படுகின்றன.

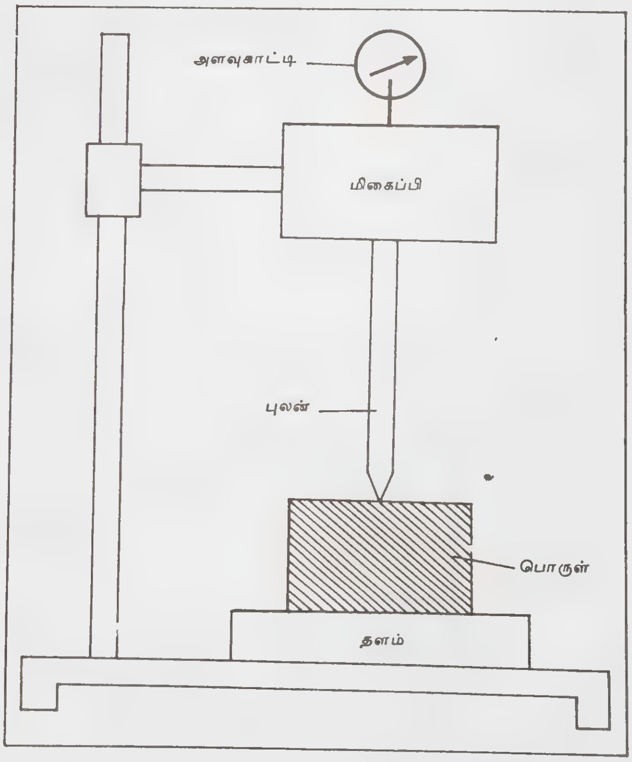
சில குறிப்பிடத்தக்க பொருள்களின் ஒப்படர்த்தி கள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

- மெ. மெய்யப்பன்

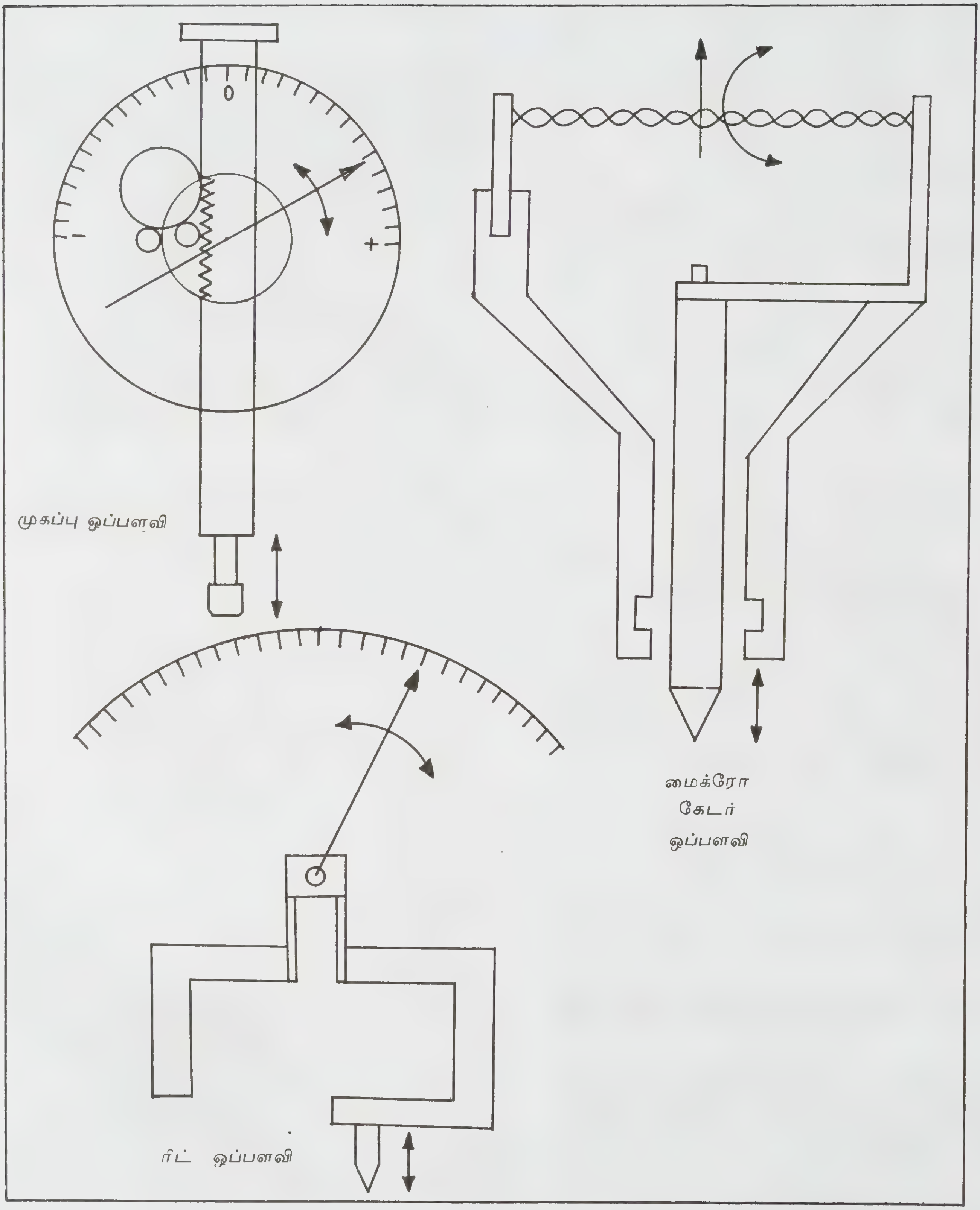
ஒப்பளவி

பொருள்களை வகைப்படுத்தும்போது, அவை செய்ய வேண்டிய பணிக்கு ஏற்ப அளவுகள் அறுதியிடப்படு கின்றன. இந்த அளவுகள் அடிப்படை அளவுகள் எனப் படுகின்றன. ஆனால் இப்பொருள்களைப் பொறிகளில் சரியான அடிப்படை அளவுகளோடு உருவாக்குவது எளிதன்று. பொறிகளின்தன்மை, தொழிலாளியின் திறமை, சூழ்நிலை போன்ற காரணங்களால் அளவுகள் சிறிது மாறுபடும். ஆனால் இந்த அளவு வேறு பாடு ஓர் அளவுக்கு மேற்படாமல் இருக்க வேண்டும். இதைக் கண்காணிக்கச்சாதாரண அளவிடும் கருவிகள் போதா. மிக நுண்ணிய கருவிகள் வேண்டும். இத்த கைய கருவிகளே ஒப்பளவிகள் (comparators) ஆகும். மிகவும் நுட்பமான அளவுள்ள அளவுத்துண்டுகள் (slip gauges) போன்றவற்றோடு பொருளை ஒப்பிட்டு வேறுபாட்டை எடுத்துக்காட்டுவதால் இவை ஒப்பள விகள் எனப்படுகின்றன.

ஒப்பளவிகள் ஒரு பொருளின் நீள அகலங்களை அளக்கப் பயன்படுவதில்லை. அடிப்படை அளவுகளி லிருந்து அவை எவ்வளவு வேறுபட்டிருக்கின்றன என்பதை மட்டுமே இவை காட்டும்.



ஒப்பளவி


0
-
+
முகப்பு ஒப்பளவி
மைக்ரோ
கேடர்
ஒப்பளவி
ரிட் ஒப்பளவி

ஒப்பளவியின் அடிப்படை உறுப்புகள்

தளம். அளவிடும் பொருள்களையும், ஒப்புப் பொருள்களையும் வைப்பதற்கு ஏற்ற அமைப்பு.

புலன் (sensor). பொருளுக்கும் ஒப்புப் பொருளுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை உணரும் தண்டு.

மிகைப்பி (amplifier). புலனில் உணரப்பட்ட வேறுபாடு மிக மிக நுண்ணியதாக இருப்பதால் இதை நேரடியாக அளவிட இயலாததால் அதைப் பல மடங்கு பெருக்கிப் படிக்கக்கூடிய அளவாகக் காட்டும் அமைப்பு.

அளவு காட்டி. வேறுபாட்டை அளக்கும் கருவி.

ஒப்பளவியைப் பயன்படுத்தும் முறை. முதலில் ஒப்புப் பொருளைத் தளத்தின் மேல் வைத்து, அளவிடும் கருவி 0-அளவு காட்டும் வரையில் புலனை மெதுவாகக் கீழே இறக்க வேண்டும். பின்னர் ஒப்புப் பொருளை எடுத்துவிட்டுப் பொருளை அந்த இடத்தில் வைத்தால், இரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடு அல்லது பிழையின் அளவு காட்டியில் தெரிந்துவிடும்.

ஒப்பளவிகளின் வகைகள்

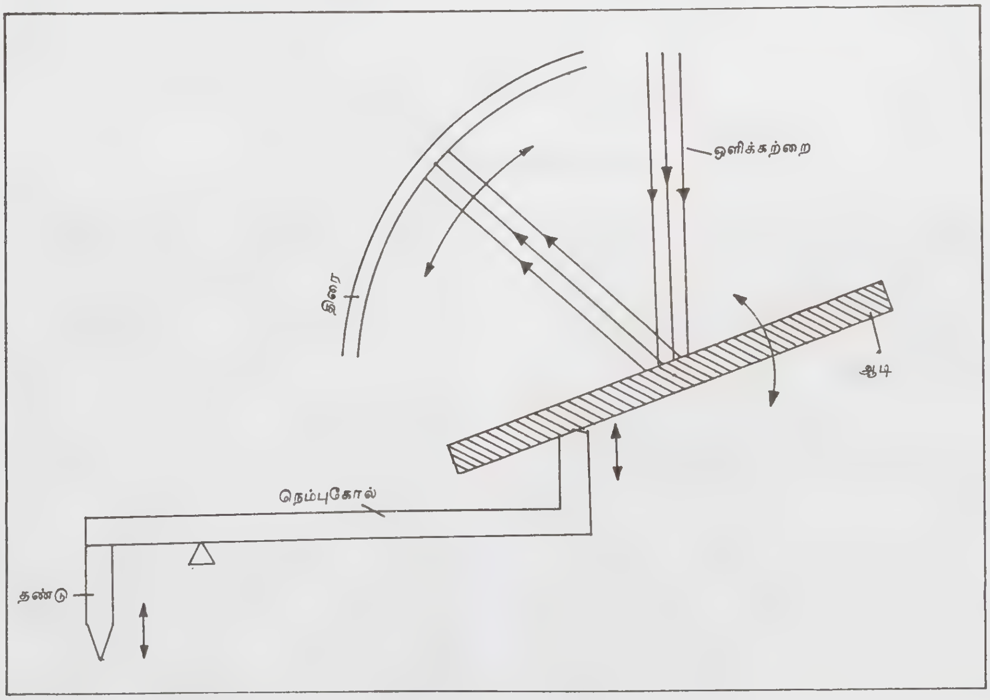
ஒப்பளவிகளில் புலன்களால் உணரப்படும் வேறுபாடு எந்த அடிப்படையில் பெருக்கப்படுகிறது என்பதைக் கொண்டு இவை பல்வேறு வகையாகப் பிரிக்கப் படும். அவை எந்திர ஒப்பளவிகள் (mechanical comparator), எந்திர - ஒளியியல் ஒப்பளவிகள் (mechanical optical comparator), மின்னியல்/மின்னணுவியல் ஒப்பளவிகள், வளிம ஒப்பளவிகள் (pneumatic comparators) எனப்படும்.

எந்திர ஒப்பளவிகள். இவ்வகை ஒப்பளவிகளின் மிகைப்பி பல்சக்கரம் அல்லது நெம்புகோல் போன்ற எந்திர முறையில் செயல்படுகிறது. முகப்பு ஒப்பளவி (dial comparator), மைக்ரோ கேடர் ஒப்பளவி, சிக்மா ஒப்பளவி, ரீட் ஒப்பளவி (reed comparator) போன்றவை இவ்வகையில் அடங்கும்.

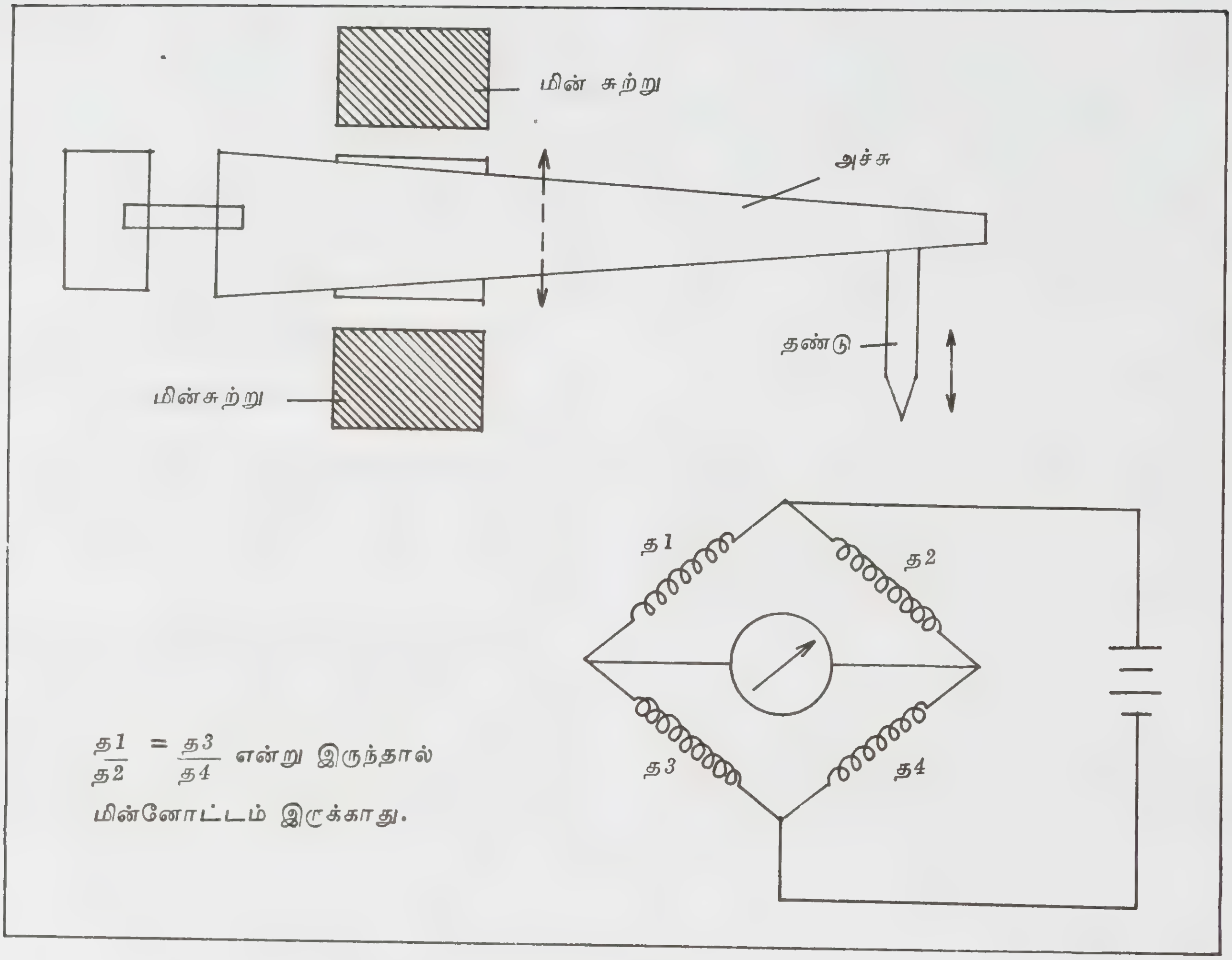
எந்திர - ஒளியியல் ஒப்பளவிகள். இவ்வகை ஒப்பளவிகளில் ஒரு பகுதி மிகைப்பு எந்திர முறையிலும், ஒரு பகுதி மிகைப்பு ஒளியியல் முறையிலும் பெறப் படும்.

மின்னியல்/மின்னணுவியல் ஒப்பளவி. இவ்வகை ஒப்பளவிகள் வீட்ஸ்ட்டோன் சுற்றுகளில் (wheat stone bridge) உண்டாகும் சிறு மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டத்தைப் பெருக்கி வேறுபாட்டை அளக்கின்றன.

மின்னியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை. தண்டு மேலும் கீழும் அசையும்போது, அத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் அச்சும் அசைந்து மின்சுற்றுக்கும் அச்சுக்கும் உள்ள இடைவெளி மாறும்போது மின்சுற்றின் தடையும் மாறும். இந்தச் சுற்றுகள் வீட்ஸ்ட்டோன் சுற்றின் இரு பக்கங்களாக இருப்பதால் அதில் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இம்மின்னோட்டம்



எந்திர ஒளியியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை



மின்னியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை

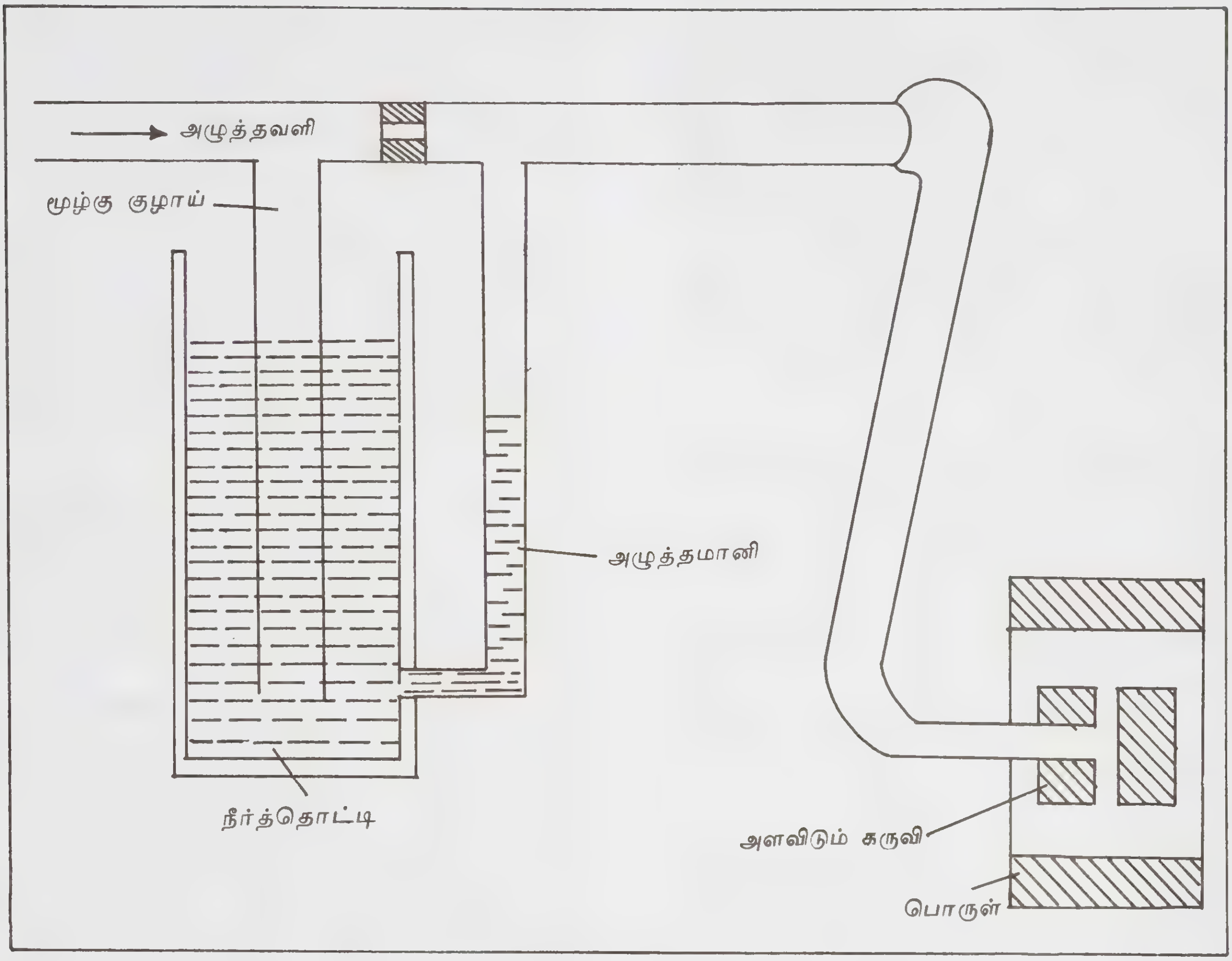
தண்டின் மாற்றத்திற்கு ஏற்ப இருக்கும். இம்மின்னோட்டத்தைப் பெருக்கி அளப்பதன் மூலம் பொருளின் பிழையை அளக்கலாம். இவ்வகை ஒப்பளவிகள் மூலம் 0.00001 மி. மீ. அளவுக்கு நுட்பமாகப் பிழையைக் கணக்கிடலாம்.

வளிம ஒப்பளவிகள். வளியின் அழுத்தம் அல்லது வேகம் இவற்றின் அடிப்படையில் இவ்வகை ஒப்பளவிகள் செயல்படுகின்றன.

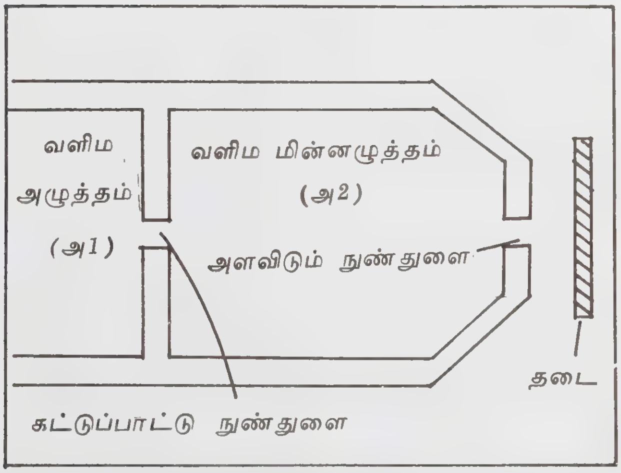
அளவிடும் நுண்துளைக்கு எதிரில் இருக்கும் தடையைப் பொறுத்து வளிமத்தின் பின்னழுத்தம் (back pressure) (அ2) மாறுபடும். இந்த அழுத்த மாறுபாட்டை அளப்பதன் மூலம் அளவிடும் நுண்துளைக்கும், தடைக்கும், உள்ள இடைவெளியை அளக்கலாம்.

ஒப்பளவிகளின் தன்மைகள். ஒப்பளவிகள் நுண்ணிய அளவீடுகளை அளப்பதால் உறுதியானவையாகவும் (robust), எளிதாக அளவிடக் கூடியனவாகவும், வெப்பம், சூழ்நிலை போன்றவற்றால் மாறாமல், நேரான தன்மையுடையனவாகவும், அளவுகாட்டும் முள் அலையாமல் நேராக அளவைக் குறிக்குமாறும், மிகவும் நுண்ணிய அளவுகளை அளவிடக் கூடியனவாகவும் இருக்க வேண்டும்.

பயன்கள். பொருள்களை விரைவாகச் சரிபார்த்துக் கண்காணிக்கவும், ஆய்வுக்கூடங்களில் உள்ள அளவிடும் கருவிகளைச் சீராக்கவும் புதிய அளவிடும் கருவிகளின் தரத்தை ஆய்வு செய்யவும், பொருள்களைத் தரம் வாரியாகப் பிரிக்கவும், பொருள்களை உருவாக்கும்போதே அவற்றின் அளவுகளைக் கண்காணிக்கவும் ஒப்பளவிகள் பயன்படுகின்றன.



அழுத்தவகை வளிம ஒப்பளவியின் தோற்றம்



வளிமஒப்பளவி

ப. அர. நக்கீரன்

ஒப்பனைப் பொருள்களின் தன்மை

பல மூலக்கூறுகள் ஒப்பனை செய்வதற்குத் தேவைப் படுகின்றன. இதற்கு நிறமி (pigment), இணைப்பி (binder), ஞெகிழ்விப்பி (plasticizer), சாயம் (dye) போன்றவை அடிப்படைக் கூறுகளாகத் தேவைப்படு கின்றன. ஒப்பனைப் பொருள்கள் ஒட்டுந்தன்மை (adhesion), வளையுந் தன்மை, மிகுந்த சூட்டிலும் குளிரிலும் மாறாத தன்மை, தோல்களை நிரப்பும் தன்மை ஆகிய தன்மைகளைப் பெற்றிருக்க வேண் டும். மேலும்சூரிய ஒளிக்காப்பு, நீர்க் காப்பு (water resistance) தேய்வுக்காப்பு (wear resistance) உடைய வையாகவும் அடித்தல், தேய்த்தல், மோதுதல் போன்ற செயல்களுக்கு ஏற்றவையாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

ஒட்டும் தன்மை கொண்டிருத்தல். ஒப்பனை செய்யப் பயன்படும் பொருளின் வண்ணப்பூச்சு

தோலின் மேல் நன்றாக ஒட்டி இருக்க வேண்டும். இல்லையேல் நீர்பட்டாலே வண்ணபூச்சு உரிந்து விடும்.

வளையும் தன்மை பெற்றிருத்தல். ஒப்பனைப் பொருள்களால் உண்டாக்கப்படும் மெல்லிய படலம் போன்ற பகுதி நன்கு இணங்குவதாக இருக்க வேண்டும். இல்லையெனில் தோல்களை மடிக்கும் போது ஒப்பனைப் படலம் உடைய வாய்ப்பு உண்டு.

சூட்டிலும் குளிரிலும் மாறா நிலை. செயற்கை ரெசின்களைக் கொண்டு தற்காலத்தில் எந்திரப் பொறிகள் மூலம் காலணியின் அடிப்பகுதியை இணைக்கின்றனர். எனவே ஒப்பனைப் படலங்கள் மிகுதியான சூட்டில் நிலை மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

குளிர்ச்சி மிக்க நாட்டில் வாழ்பவர்கள் அணியும் காலணிகள் குளிரைத் தாங்கும் நிலையில் இருக்க வேண்டும். காலணியின் மேல் தோல்கள், ஒப்பனைப் படலங்கள் ஆகியவை கடினமாக மாறி வளையும் தன்மையை இழந்துவிடாதவாறும், கடுங்குளிரில்கூட ஒடிந்து போகாதவாறும் அமைவது நல்லது.

தோல்களை நிரப்பும் தன்மை கொண்டிருத்தல். மயிர்கள் அடர்ந்த தோல்களைக் கல்லடித்து (buffing) ரெசின் பொருள்களால் ஒப்பனை செய்து சீர் செய்வர். இத்தகைய தோல்களுக்குப் பயன்படும் ஒப்பனைப் பொருள் நிரப்பும் தன்மை பெற்றிருக்க வேண்டும்.

சூரிய ஒளிக்காப்பு,நீர்க்காப்பு,தேய்வுக்காப்பு. காலணிகள், தோல்ஆடைகள், தோல் பொருள்கள் இவை பெரும்பாலும் சூரிய ஒளியில் பயன்படுவதால் அவற்றின் நிறமும் தன்மையும் மாறாமல் இருக்க வேண்டும். பெரும்பாலும் தோலால் செய்யப்பட்ட காலணிகளும், தோல் ஆடைகளும் மழையால் பழுதடையா வண்ணம் நீர்காப்புத் தன்மை பெற்றிருக்க வேண்டும். ஒப்பனைப் பொருள்கள் பெரும்பாலும் தேய்வுக் காப்புத்தன்மையைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். அதாவது உராய்விலிருந்து காக்கும் தன்மையைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

அடித்தல், தேய்த்தல், மோதுதல் போன்ற செயல்களுக்கு ஏற்றதாக இருத்தல். தோல்களைக் கொண்டு காலணிகளும், பிற பொருள்களும் செய்யப்படும் போது அவை பெரும்பாலும் அடித்தல், தேய்த்தல், மோதுதல் போன்ற செயல்களுக்கு உட்படுத்தப்படும். அப்போது ஒப்பனைப் படலங்கள் கிழியாமலும், நிறம் மாறாமலும், தன்மை மாறாமலும், கவர்ச்சி மாறாமலும் இருக்க வேண்டும்.

ஒப்பனையில் கவனிக்க வேண்டியவை. ஒப்பனை செய்ய இருக்கும் தோல், ஒப்பனை செய்வதற்கு ஏற்ற தன்மையுடன் உள்ளதா என்பதையும் தோல் பயன்படுத்துவோர் எத்தன்மைகளை விரும்புகின்றனர் என்பதையும் அறிய வேண்டும். பதனிட்ட தோல் ஒப்பனைக்கு ஏற்றதாக இருக்க வேண்டும். கொடுக்கப்பட்ட பதனிடும் பொருள்கள் ஊட்டப் பட்ட எண்ணெயின் தன்மை ஆகியவை தோலில் சீராகச் சேர்ந்துள்ளனவா என்று பார்க்க வேண்டும். சரிசெய்யப்பட்ட தோல்கள் சீராகக் கல்லடிக்கப் பட்டிருக்க வேண்டும். தோல் நீர் உறிஞ்சும் தன்மையை மிகுதியாகக் கொண்டிருக்கக் கூடாது.

ஒப்பனையில் தேவைப்படும் பொருள்கள். புரதப் பொருள்கள், ரெசின் இணைப்பி (resin binder), ஞெகிழ்விப்பிகள், இணைப்பிகள், பாதுகாக்கும் பொருள்கள், கெட்டிப்படுத்தும் பொருள்கள் (thickening agent), நுரை தடுக்கும் பொருள்கள் (antifoaming agent), சாயப் பொருள்கள், வண்ணப் பசைகள் அல்லது நிறமிகள், மெழுகு, கோந்து, கரைப்பான்கள் நீர்த்திகள் (diluents), பளபளப்பைக் குறைக்கும் பொருள்கள் (dulling agent), மெருகு நெய்ப் பொருள்கள் (lacquer), ஃபார்மலின், பாலியூரேத்தேன் பொருள்கள் இவற்றைக் கொண்டு பக்குவப்படுத்திய தோல்களை ஒப்பனை செய்வர். ஒப்பனையின் தரம், இயக்கும் முறை ஆகியவை தோல்களைப் பயன் படுத்தும் தேவைக்கேற்றவாறு முறைப்படுத்தபடுகின்றன.

ஒப்பனைப் பொருள்களைத் தோல்களில் மெழுகும் முறை. ஒப்பனைப் பொருள்களைத் தோலின் தேவைக்கு ஏற்றவாறு தோலின் மீது ஊட்டுகின்றனர். அதற்குப் பல புதிய முறையைக் கையாளுகின்றனர். சில கருவிகள் கொண்டு தோல்களை ஒப்பனை செய்கின்றனர். இவை தூரிகை அல்லது சிறு மெத்தையாலான தூரிகை போன்றவற்றாலும் கைகளாலும் பூசப்படும். தெளிக்கும் கருவியைக் கொண்டு கையாலேயே தோலின் மீது நன்றாகத் தெளிக்கவேண்டும். இதனால் ஒப்பனைப் பொருள்கள் நன்கு தோலின் மீது படருமாறு ஒழுங்காக ஒப்பனை செய்ய முடியும்,

தற்காலத்தில் தானே தெளிக்கும் (automatic spraying machine) பொறிகளைப் பயன்படுத்தித் தோல்களை மிகசிறப்பாகவும் விரைவாகவும் ஒப்பனை செய்கின்றனர். பொறியைப் பயன்படுத்தும்போது ஒப்பனைப் பொருள்களை அது தோலின் மீது சிறப்பாகத் தெளிப்பதால், ஒப்பனைப் பொருள்கள் வீணாவதில்லை.

நடைமுறையில் தோல்களை ஒப்பனை செய்தல். நடைமுறையில் தோல்களை ஒப்பனை செய்வது இரு முக்கிய முறையில் செய்யப்படுகிறது. அவை புரதப் பொருள்களைக் கொண்டு பளபளப்பூட்டுதல், ரெசினைக் கொண்டு தோல்களை ஒப்பனை செய்தல் ஆகும்.

புரதப் பொருள்களைக் கொண்டு பளபளப்பூட்டும் தோல் ஒப்பனை. இவ்வகை வெள்ளாட்டுத் தோலுக்கும்

காளைக் கன்றின் தோலுக்கும் செய்யப்படுகிறது. இந்தத் தோல்கள் பளபளப்பூட்டும் முறையில் ஒப்பனை செய்ய ஏற்றவையாக அமைகின்றன. இவ்வகை ஒப்பனையின் முதல் தேவை புரதப் பொருள்களான கேசின் (casein), சாயம், வண்ணப் பொருள்களான நிறமிகள் ஆகியவை ஆகும். இந்த ஒப்பனை முடிந்தவுடன் ஃபார்மலின் கொண்டு கேசினை முறிப்பர்.

தற்சமயம் புரதப் பொருள்கள் இல்லாமலேயே ரெசின், சாயம் போன்ற பொருள்களைக் கொண்டு இநத பளபளப்பூட்டும் ஒப்பனை செய்யலாம். இதற்குப் பளபளப்பூட்டும் பொறி தேவையில்லை. நேரடியாக அழுத்தம் கொடுக்கும் பொறியில் சாதாரணத் தகடு கொண்டு அழுத்தி எடுத்தாலே ஒப்பனை சீராகும்.

குங்கிலியம் கொண்டு தோல்களை ஒப்பனை செய்தல். அக்ரிலிக் ரெசின் பால்மம் (acrylic resin emulsion) கொண்டு அதனுடன் சாயம், வண்ணப் பொருள்கள், சிறிதளவு கேசின் பொருள்களைச் சேர்த்து, தோல்களை ஒப்பனை செய்வர். இதற்குத் தூரிகை மற்றும் தெளிப்பான்கள் கொண்டு தோலின் மேற்கூறிய பொருள்களை மெழுகுவர். பின்பு அழுத்தம் கொடுக்கும் பொறியில் இட்டு அழுத்தி எடுப்பர்.

இவ்வகை ஒப்பனைகள் நீர் பட்டால் கரையும் தன்மையுடையவை. இதைத் தவிர்க்க சில ஒப்பனைப் பொருள்கள் இதன் மீது தெளிக்கப்படுகின்றன. அரக்கு ஒப்பனையும் (lacquer finishing agent) செய்யலாம். இம்முறையில் அரக்குக் கூழ் நீரடியல்லாத முறையில் கரைப்பான்களைக் கொண்டு தோலின் மீது தெளித்தால் மிகவும் பளபளப்புடன் அழகாக இருக்கும். இம்முறை காலணி மேல் தோலுக்கும், தோல் பொருள்கள் செய்வதற்கும் ஏற்றது.

ஆடைத் தோல்கள் மிகவும் மென்மையாக இருக்க வேண்டும். இதற்கு இந்த அரக்குக் கூழை நீரடி ஒப்பனையாக நீரில் கலந்து தோலில் தெளிப்பர். இதனால் ஆடைத் தோல்களில் உள்ள ஒப்பனைகள் நீரால் கெடா. ரெசின் கொண்டு ஒப்பனை செய்த தோல்களை மேலும் சிறப்பாகவும் மிகவும் பளப்பளப்பாகவும் இருக்கச் செய்ய பாலியூரேத்தேன் கொண்டு ஒப்பனை செய்வர். இவ்வாறு ஒப்பனை செய்த தோல்களைத் தோல்பொருள்கள் செய்வோர் மிகவும் விரும்பி வாங்குகின்றனர்.

- எம். எஸ். ஒளிவண்ணன்

ஒப்பிணைமை

ஓர் அலைச்சார்பின் அனைத்து ஆயக்கூறுகளும் ஆய மூலம் வழியாக ஒன்றாக எதிரொளிக்கப்படும்போது, (அதாவது x, —x ஆகவும், y, —y ஆகவும், z, —z ஆகவும் மாற்றமடைதல்) அவ்வலைச்சார்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கணிக்கப் பயன்படும் அலைச் சார்பின் ஓர் இயற்பியல் பண்பு ஒப்பிணைமை எனப் படும்.

அலைச்சார்பு

$$\Psi\ (x,y,z) = \Psi\ (-x, -y, -z) \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

எனும் பண்பு கொண்டிருந்தால் அது இரட்டை ஒப்பிணைமை (even parity) கொண்டது என்றும்

$$\Psi\ (x,y,z) = -\Psi(-x, -y, -z)\ \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

எனும் பண்பு கொண்டிருந்தால் அது ஒற்றை ஒப்பிணைமை கொண்டது என்றும் குறிப்பிடப்படும். சமன்பாடுகள் 1, 2 ஆகியவற்றை

$$\Psi\ (x,y,z) = P\ \Psi\ (-x, -y, -z)\ \ldots\ldots\ldots (3)$$

என எழுதலாம். இதில் P — என்பது ± 1 என்ற இரு மதிப்புகள் மட்டுமே கொண்ட ஒரு குவாண்டம் எண். P = + 1 என்பது இரட்டை ஒப்பிணைமையையும், P = —1 என்பது ஒற்றை ஒப்பிணைமையையும் குறிக்கின்றன.

P —ஆல் வரையறுக்கப்படும் குவாண்டம் இயல் கொண்ட ஓர் இயற்பியல் பண்பை ஒப்பிணைமை எனலாம். மேலும் வெளிஎதிரொளிப்பு எனும் செய்கையின் ஐகன் மதிப்பை ஒப்பிணைமை எனக் குறிப்பிடலாம். ஒப்பிணைமை எனும் பண்பு அலைகளுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். எனவே பழமை இயக்கவியலில் இதனைப் பயன்படுத்த முடியாது. குவாண்டம் இயக்கவியலில் ஒரு துகளுக்கான ஷ்ரோடிங்கர் அலைச்சார்பில் ஒப்பிணைமைக்குப் பொருள் உண்டு. அதுபோலவே எந்த முறைமையின் (system) அலைச்சார்புக்கும் ஒப்பிணைமை பொருள் கொள்ளும்.

ஒரு சிக்கலான முறைமைக் குழுவின் (complex system) அலைச் சார்பு அம்முறைமைக் குழுவில் உள்ள ஒவ்வொரு முறைமையின் அலைச்சார்புகளின் பெருக்குத் தொகையோடு, அம்முறைமையின் இயல்பு அலைச்சார்பைப் பெருக்கக் கிடைக்கும். அதுபோல் ஒரு சிக்கலான முறைமைக் குழுவின் ஒப்பிணைமை அம் முறைமைக்குழுவில் உள்ள ஒவ்வொரு முறைமையின் ஒப்பிணைமையையும், அம்முறைமையின் இயல்பு ஒப்பிணைமையையும் (intrinsic parity) பெருக்கக் கிடைக்கும்.

ஒப்பிணைமை மாறாமை. (conservation of parity), வெளியின் (space) நேர்எதிர்மாற்ற வடிவொப்பால் (inversion symmetry) ஒப்பிணைமை மாறாமை

ஏற்படுகின்றது. இதை விளக்க, P எனும் ஒப்பிணைவுச்செயலி (parity operator) நேர் எதிர் மாற்றம் செய்யவல்லது எனக் கொள்ளலாம். அதாவது P எனும் செயலி, ஒரு புள்ளியில் அலைச் சார்பில் செயல்பட்டால், அப்புள்ளியின் நேர் எதிர்ப் புள்ளியில் அலைச்சார்பின் மதிப்புக் கிடைக்கும்.

$$P\ \Psi(r) = \Psi(-r)$$ எனக் கிடைக்கும்.

இதுபோன்று A என்பது ஒரு செயலியானால் $PA(r)P^{-1} = A(-r)$ எனக் கிடைக்கும். நேர் எதிர் மாற்றத்தால் ஓர் இயக்க வடிவமைப்பு மாறாது எனும் கூற்று, இயக்கத்தின் H எனும் ஹாமில்ட்டோனியன் நேர் எதிர் மாற்றமடைந்த பின்னும் மாறாதிருக்கும் எனப் பொருள்படும்.

அதாவது $PHP^{-1} = H$

$PH - HP = [P,H] = O$ என இருக்கும்.

P, H ஆகியவை இவ்வாறு இணையும் தன்மை கொண்டமையால், H அந்த இயக்கத்தின் மாறிலியாகும். மேலும் P, H ஆகியவை ஒரே நேரத்தில் மூலைவிட்டங்களாக அமையலாம் (simultaneously diagonal). இதனால் H-இன் ஐகன் சார்புகள் அதே நேரத்தில் P இன் ஐகன் சார்புகளாக அமையும். உண்மையில் H எனும் செயலிக்கான E எனும் ஐகன் மதிப்புக்கு ஒரே ஓர் ஐகன் சார்பு இருந்தால் (பிரியா நிலை) இந்த ஐகன் சார்பு P இன் ஐகன் சார்பாகவும் இருக்கும். $P^2 = 1$ என்பதால் Pஇன் ஐகன் மதிப்பு +1 அல்லது -1 என இருக்கும். P இன் ஐகன் சார்பு

$$P\Psi_{\pm}(r) = \Psi_{\pm}(-r) = \pm\Psi_{\pm}(r)$$

எனும் சமன்பாட்டிற்கு ஒத்திருக்கும். இதில் + குறியீடு இரட்டை ஒப்பிணைமையையும், — குறியீடு ஒற்றை ஒப்பிணைமையையும் குறிக்கும்.

இயற்பியல் கோட்பாடுகளில் சுற்றமைப்பு, ஆய அமைப்பு வலக்கை வழக்குள்ளதா, இடக்கை வழக்குள்ளதா, என்பதைச் சாராதிருக்குமானால் அவ்வாய அமைப்பில் ஒப்பிணைவு மாறாதிருக்கும். பலர் வலக்கைப் பழக்கமுடையோர் என்பதால் வலக்கைப் பழக்கமே சரியான வழக்குப்படிச்சரியான அமைப்பு ஆகாது. அது பழக்கத்தால் ஏற்படுவது. இடக்கைப் பழக்கமுடையவரை விட வலக்கைப்பழக்கமுடையவரே சிறந்தவர் என்னும் இயற்பியல் விதியும் இல்லை. அமினோ அமிலங்கள் போன்று ஒளித்தளத்தைச் சுழற்றவல்ல பொருள்களில் வலம் சுழற்றும் அமிலத்தைவிட இடஞ்சுழற்றும் அமிலம் சிறந்தது என்று கூற இயலாது. ஆனால் ஒரு நியூட்ரினோ வலக்கைப் பண்புள்ளது என்பதை ஒப்பிணைமைத் தன்மை கொண்டு வேறு விதமாக விளக்கலாம்.

அடிப்படைத் துகள்களுக்கிடையே தோன்றும் வன் இடையீடுகள் (எ.கா அணுக்கரு விசைகள்), மின்காந்த இடையீடுகள் போன்றவை நேர் எதிர் மாற்ற வடிவொப்புமை கொண்டவை. எனவே இவ்வகை இடையீடுகளில் ஒப்பிணைமை மாறாதிருக்கும். இதுவரை அறிந்துணர்ந்த இடையீடுகளில் நியூட்ரினோக்கள் பங்கு பெறும் β - இடையீடுகள், பிற மென் இடையீடுகள் ஆகியவற்றால் ஏற்படும் அடிப்படைத்துகள் சிதைவு முறைகள் போன்றவை தவிர ஏனைய அனைத்து இடையீடு முறைகளிலும் ஒப்பிணைமை மாறாதிருக்கும்.

அணு, அணுக்கரு ஆகியவற்றின் ஆற்றல் நிலைகள் ஒவ்வொன்றுக்கும் தனித்தன்மை கொண்ட ஒப்பிணைமை உண்டு (ஒரே அணுக்கருவின் வெவ்வேறு ஆற்றல் நிலைகளுக்கு இது வெவ்வேறாக இருக்கும்). அணு, அணுக்கரு ஆகியவற்றின் செயலீடுகளில் ஒப்பிணைமைக்குப் பெரும்பங்கு உண்டு. இயக்க மாறிகளைக் குறிக்கப் பயன்படும் ஒரு நேர் எதிர் மாற்றத்தால் எவ்வாறு எதிரொளிக்கப்படுகின்றன என்பதைப் பொறுத்து அவற்றின் ஒப்பிணைமையால் பகுக்கப்படுகின்றன.

சுழற்சியின் ஒப்பிணைமை (orbital parity) வன் இடையீடுகளிலும் மின்காந்த இடையீடுகளிலும் ஒப்பிணைமை மாறாதிருப்பதால் ஒப்பிணைமைக் குவாண்டம் எண் ஒரு நல்குவாண்டம் எண்ணாகக் கொள்ளப்படுகிறது. மேலும், ஓர் ஆற்றல் ஐகன் நிலை (அது பன்மதிப்பில்லாததாக இருப்பின்) ஒப்பிணைமையுள்ள ஐகன் நிலையாக இருக்கும். l - எனும் சுழற்சி கோண உந்தத்தின் ஒரு துகள் நிலைக்கான ஒப்பிணைமை $P = (-1)^l$ ஆகும். அதாவது s, d, ... நிலைகளுக்கு ஒப்பிணைமை இரட்டையாகவும் (+1) p, f நிலைகளுக்கு ஒப்பிணைமை ஒற்றையாகவும் (-1) இருக்கும். இதன்மூலம் $^1S_1$, $^3D_1$ ஆகிய நிலைகளின் நேர்கோட்டுச் சேர்க்கையுள்ள நிலையைக் கொண்ட டியூட்டிரான் இரட்டை ஒப்பிணைமை கொண்டது. இதில் $^3P_1$ நிலையின் சேர்க்கை இருக்க முடியாது. n - துகள்கள் கொண்ட ஒரு முறைமையின் ஒப்பிணைமை அதன் (n-1) சார்பு சுழல் கோண உந்த நிலைகளின் ஒப்பிணைமைகளின் பெருக்குத் தொகையாகும்.

அதாவது $P_{orb} = (-1)^{l_1+l_2+\ldots l_{n-1}}$ என இருக்கும். இதன்படி ஓர் அணுவின் ஒப்பிணைமை ஒற்றை எலெக்ட்ரான் சுழற்சி அலைச்சார்புகளின் ஒப்பிணைமையின் பெருக்குத் தொகையாகும். ஒன்றுக்கொன்று கலக்கும் தன்மையுள்ள முறைமைகள் ஒரே ஒப்பிணைமை கொண்டவையாக இருத்தல் வேண்டும். ஒரு மின் இருமுனை ஆற்றல் நிலைத்தாவல்

எதிர் ஒப்பிணைமை கொண்ட ஆற்றல் நிலைகளுக் கிடையே மட்டும் ஏற்படும் என, லாப்போர்ட்டே விதி விளக்குகிறது. இது, மின் இருமுனைக் கதிர் வீச்சுப்புலம் ஒற்றை ஒப்பிணைமை கொண்டது எனும் கொள்கைமீது உருவானதாகும்.

இயல்பு ஒப்பிணைமை. பல துகள்கள் கொண்ட ஒரு முறைமையின் மொத்த ஒப்பிணைமையைக் காண, துகள்களின் இயல்பு ஒப்பிணைமையைச் சுழற்சியின் ஒப்பிணைமையால் பெருக்க வேண்டும். ஆனால் நிலைமாறாத் துகள்களின் (conserved particles) ஒப்பிணைமையைக் கருத்தில் கொள்ளத் தேவை இல்லை. ஏனெனில் ஒரு செயலீட்டில் துகள் ஒன்று நிலைமாறாதிருக்குமானால் அதன் ஒப்பிணைமையும் மாறாதிருக்கும். எனவே செயலீட்டின் ஒப்பிணைவுச் சமநிலை காண, அத்துகளின் ஒப்பிணைவு தேவையற்றது. உண்மையில் ஒரு துகள் அனைத்துச் செயலீடுகளிலும் நிலைமாறாது இருக்குமாயின் அதன் இயல் ஒப்பிணைவைக் காணவே முடியாது. ஃபோட்டான் மாறாநிலையற்ற துகள் எனில் (unconserved particle) அதன் இயல் ஒப்பிணைவு இரட்டையாகும். ஒரு மீசான் ஒற்றை ஒப்பிணைவு கொண்டது. எனவே ஒப்பிணைவு மாறாதிருக்க அது ஓர் அணுக்கருத்துகளால் p நிலைக்குள் உமிழப்படவேண்டும்.

ஒப்பிணைவு மின்னூட்டத்தைப் பொறுத்ததன்று எனவே ஒரு மின்னூட்டம் பெற்ற π மீசானும் p-நிலையிலேயே உமிழப்படவேண்டும். மின்னூட்டம் பெற்ற π- மீசானுக்கும் ஒப்பிணைவு ஒற்றையே. இதனால் நியூட்ரான், புரோட்டான் ஆகியவை ஒரே ஒப்பிணைவு கொண்டவையாகின்றன. எலெக்ட்ரான் மாறா நிலை கொண்டது; எலெக்ட்ரானும் பாசிட்ரானும் ஒன்றையொன்று அழிக்கவல்லவை. இதனால் எலெக்ட்ரான், பாசிட்ரான் ஆகியவற்றின் ஒப்பிணைமையின் பெருக்குத்தொகை நன்கு வரையறுக்கக்கூடியதேயாகும். டிராக்கின் சார்புக் குவாண்டம் கொள்கைச் சமன்பாட்டின்படி எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரான்களின் ஒப்பிணைமைப் பெருக்குத் தொகை— 1 . எந்த ஃபெர்மியானும் அதன் எதிர்த் துகளும் கொண்ட இணைக்கு இவ்விதி பொருந்தும். இதன் மூலம் ஒரு பாசிட்ரோனியத்தின் ஒப்பிணைவு $(-1) \times$ அதன் சுழற்சி ஒப்பிணைவு ஆகும். அதாவது $-(-1)^l$ ஆகும்.

தற்சுழற்சி, உந்தம் உறவுகள். வன் இடையீடுகளும், மின் காந்த இடையீடுகளும் நேர் எதிர்மாற்ற வடிவொப்புடையவை. இதனால் அத்தகைய இடையீடுகளில் வெளியிடப்படும் துகள்களின் தற்சுழற்சி, உந்தம் ஆகியவற்றிற்கிடையே உறவு உண்டு எனத் தெளிவாகிறது. ஓர் அமைப்பு ஆய முறைமையின் நேர் எதிர் மாற்றத்தால் தாக்கமடையாதிருக்க வேண்டுமானால் அவ்வமைப்பின் உந்தம், தற்சுழற்சி நிகழ்தகவு திசையிலியாக இருத்தல் வேண்டும் என்பது கொள்கை. இதன் மூலம் ஒரு செயலீட்டால் வெளிக்கிளம்பும் மூன்று துகள்களின் உந்தங்கள் $\vec{p}_1, \vec{p}_2\ \vec{p}_3$ என இருக்குமானால் அவற்றின் கோணப் பங்கீடு $a + \vec{p}_1.\vec{p}_2$ என இருத்தல் வேண்டும்.

$a + \vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \times \vec{p}_3$ என இருக்க முடியாது; ஏனெனில் இரண்டாம் முறையில் நேர் எதிர் மாற்றத்தினால் பின்வரும் சமன்பாட்டில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் குறிமாறும்.

$$\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \times \vec{p}_3 \rightarrow (-\vec{p}_1) \cdot (-\vec{p}_2) \times (-\vec{p}_3)$$

$$= -\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \times \vec{p}_3 \qquad 4$$

இந்த முப்பெருக்கம் ஒரு பொய்த் திசையிலி (pseudoscalar) ஆகும். இதனால் உந்தங்களின் கோணப்பங்கிடு ஆயமுறை வலக்கை வழக்குள்ளதா இடக்கை வழக்குள்ளதா என்பதைப் பொறுத்து மாறும். சுழற்சியின் கோண உந்தம் $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ ஒரு பொய்த்திசையிலி ஆகும். ஏனெனில் நேர் எதிர் மாற்றத்தில் $\vec{L} \rightarrow -\vec{L}$ இதுவே தற்சுழற்சிக்கோண உந்தம் $\vec{S}$ — க்கும் பொருந்தும். $\vec{S}.\vec{p}$ என்பது ஒரு பொய்த்திசையிலி ஆகும். எனவே இத்தகைய பெருக்கல்கள் ஒப்பிணைமை மாறாதிருக்கும் உந்தங்களின் கோணப் பங்கீடுகளில் வாரா. $\vec{S}.\vec{p}$ எனும் பெருக்கம் ஒரு கோணப்பங்கீட்டில் வருமானால் அது துகளின் தற்சுழற்சியையும், கோண உந்தத்தையும் தொடர்புபடுத்தும்; இது உந்தத்திசையில் ஏற்படும் முனைவாக்கத்தை அதாவது நெடு முனைவாக்கத்தைக் குறிக்கும். இத்தகைய முனைவாக்கம் வன் இடையீடுகளிலும் மின்காந்த இடையீடுகளிலும் இல்லை. ஆனால் $\vec{S}_1 . \vec{p}_1 \times \vec{p}_2$ எனும் பெருக்கத்தால் குறிக்கப்படும் குறுக்கு முனைவாக்கம் அவற்றில் எப்போதும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு.

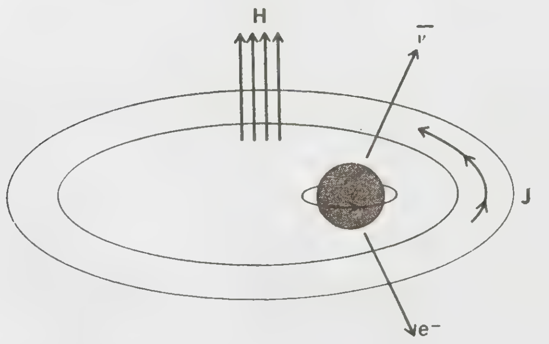
ஒப்பிணைமையின் மாறாமை மீறல். ஒப்பிணைமை மாறாமைக் கொள்கையால் பெறப்படும் தேர்வு விதிகளில் பின்வருவதும் ஒன்று தற்சுழற்சிச்சுழியுள்ள ஒரே போசான், இரு π மீசான்களாகவும் மூன்று π மீசான்களாகவும் சிதைவடைய முடியாது; ஏனெனில் இந்த இறுதி நிலைகள் முறையே இரட்டை, ஒற்றை என மாறுபட்ட ஒப்பிணைமை உடையவை. ஆனால் நேர் K மீசான்

எனும் துகள் தடை செய்யப்பட்ட மேற்கூறிய செயலை நிகழ்த்துகிறது. அதற்கு $K\pi_2$, $K\pi_3$ எனும் எனும் இரு சிதைவு முறைகள் உண்டு. $K\pi_3$ சிதைவு முறையின் கணக்கீட்டின் மூலம் K மீசானின் தற் சுழற்சி O. இதனால் ஒப்பிணைமை மாறாமை இச்சிதைவில் மீறப்படுகிறது.

1956 இல் லீ, யாங் ஆகியோர் பீட்டா சிதைவிலும் ஒப்பிணைமை மாறாமை மீறப்படுகின்றது எனும் கொள்கையை வெளியிட்டனர். பீட்டா சிதைவுச் சேர்க்கையின் அளவும் K மீசான் சிதைந்து இடைச் செய்யும் சேர்க்கையின் அளவும் சமமானவையாக இருப்பதால் இவ்விரு சிதைவு முறைகளும் ஒரே சேர்க்கை வகையின் வெளிப்பாடாக இருக்கலாம் எனக் காரணம் தெரிவித்தனர். நியூட்ரினோவின் வாய்ப்பான நிலைகளுக்கு நிபந்தனைகள் விதிப்பதன் மூலம் (இருகூறு கொள்கை) ஒப்பிணைமை மாறாமை மீறப்படும் தன்மை இயற்கையாகவே பெறப்படும் நிலை உள்ளது. இது வரை பீட்டா சிதைவு ஆய்வுகளில் சுழற்சி-கோண உந்தத் தொடர்பு முறைகள் ஆய்வு செய்யப்படவில்லையென்றும், இத்தொடர்பு முறை ஆய்வு செய்யப்பட்டால் ஒப்பிணைவு மாறாமை மீறப்படும் தன்மை வெளிப்படும் என்றும் சுட்டிக்காட்டினர்.

பீட்டா உமிழ்வில் ஒப்பிணைவு மாறாமை மீறப்படுவதைக் காட்டச் செய்யப்பட்ட முதல் ஆய்வில் பீட்டா உமிழ்தன்மையுள்ள கோபால்ட்-60 அணுக்கருவின் சுழற்சிகள் $\vec{S}_{Co}$, குறைந்த வெப்பநிலையில் $\vec{H}$ எனும் காந்தப்புலத்தால் முனைவாக்கம் செய்யப்பட்டன. சிதைவு எலெக்ட்ரான்கள் 60Co-இன் சுழற்சித்திசைக்கு எதிர்த்திசையில் தேர்வு உமிழ்வு செய்யப்படுவது காணப்பட்டது. (படம்) இவ்வாறு ஒரு $\vec{S}_{c_0}$. $\vec{P}_e$ தொடர்பு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பரும் பொருள் அளவில் $\vec{H}_o$. $\vec{P}_e$ தொடர்பு என்னும் சேர்க்கைத் தொடர்பின் அளவு ஒரு பீட்டா சிதைவில் இடையீட்டின் ஒப்பிணைவு மாறாநிலைப் பகுதியும் ஒப்பிணைவு மாறாநிலை மீறும் பகுதியும் சம அளவுள்ளன என்பதைக் காட்டி, நியூட்ரினோவின் இருகூறு கொள்கையை உறுதி செய்கிறது.

- வெ. ஜோசப்



முனைவாக்கம் பெற்ற கோபால்ட்-60 கருவிலிருந்து பீட்டா சிதைவு. கோபால்ட் கருவின் சுழற்சி அச்சுகள் முனைவாக்கம் பெறா நிலையில் குறிக்கப்பட்ட திசையில் படத்தில் குறிக்கப்பட்ட திசையில் எலெக்ட்ரான், எதிர் நியூட்ரினோ ஆகியவற்றின் தேர்வு உமிழ்வைக் கண்டுபிடிக்க முடியாது.

ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி

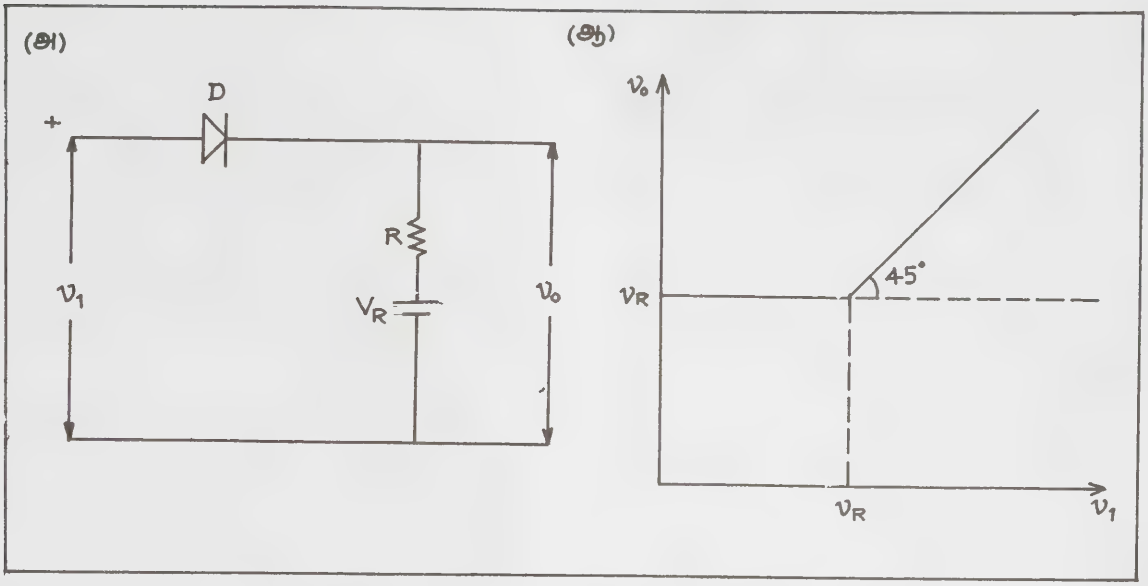
ஒப்பீட்டு மின்கருவி என்பது அக்கருவியில் இடப்பட்ட மின் உள்தருகைக் குறியீடு (electrical input signal) ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்கு மேல் (reference level) சென்றால், அதற்கு ஏற்புடைய மின்வெளியீட்டுக் குறியீட்டைத் (out put signal) தரும் அமைப்பாகும். இந்த வெளியீடு உள் தருகைக் குறியீடு போன்றோ வேறு அமைப்பிலோ இருக்கலாம்.

இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி (diode comparator circuit) இது ஓர் எளிய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழியாகும்.

இயங்கும்முறை பின்வருமாறு: உள் தருகைக் குறியீடு (V_i) ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைவரை (V_R) உயரும்போது வெளியீட்டுக் குறியீடு அந்தக் குறிப்பிட்ட நிலையிலேயே (V_R) நிலையாக இருக்கும்.

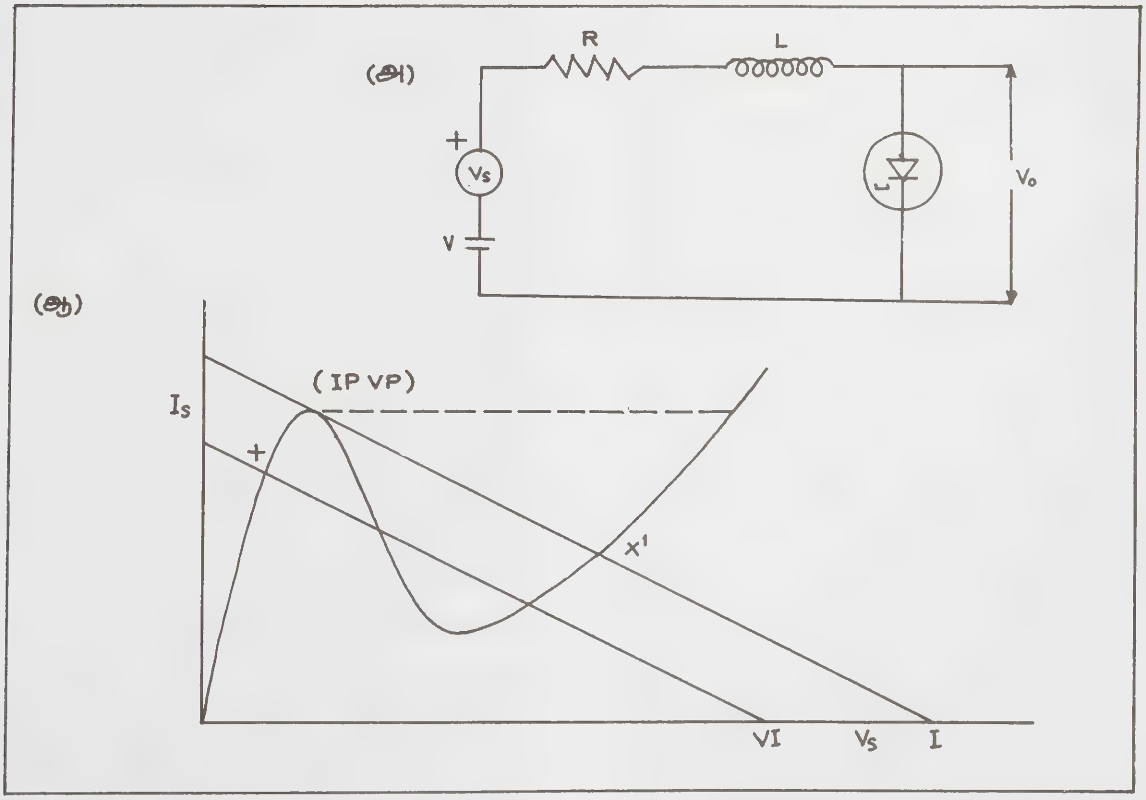
உள்தருகைக் குறியீடு மேலும் உயரும்போது வெளியீட்டுக்குறியீடும் அதற்குச் சமமாக உயர்ந்து கொண்டே செல்லும். அதாவது உள்தருகைக்குறியீடு V_R க்கு மேல் உயரும்போது இச்சுற்றுவழி ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழியாகப் (comparator circuit) பயன்படுகிறது.

டனல் இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி. மின் அணுத்துறையில் மற்றுமொரு ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி டனெல் டயோடைக் கொண்டு அமைக்கப்படுகிறது. இந்தச் சுற்றுவழியும், அதன் இயங்கு முறையும் கீழே விளக்கப்பட்டுள்ளன. தொடக்கத்தில் V என்ற நிலையான மின்னழுத்தம் செலுத்தும்போது இந்த மின்சுற்றுவழி (1) என்ற நேர்கோட்டில் அமையும். அப்போது டனெல் டயோடு X என்ற நிலையில் மையம் கொண்டிருக்கும்.



படம் 1. இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி

அ. சுற்றுவழி ஆ. தன்மை (characteristic)



படம் 2.

அ. சுற்றுவழி ஆ. தன்மை

இப்போது V_S என்ற மின்குறியீட்டை டனெல் டயோடின் உச்ச நிலைக்குச் சற்று மிகைப்படச் செலுத்தினால், டனெல் டயோடின் மீதுள்ள மின்னழுத்தம் V_P என்ற நிலையிலிருந்து V_F என்ற நிலைக்குத் தாவி X என்ற சமநிலையை அடையும். இந்தத் திடீர் மாற்றத்தை (abrupt change) ஒப்பீட்டு மின் கருவியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

- ந. பழனிச்சாமி

ஒப்பு நிலை

அணுவெண் மாறுபட்ட ஆனால் நிறையெண் சமமாக உள்ள அணுக்கருக்கள் ஐசோபார்கள் (isobar) எனப் படுகின்றன. ஓர் அணுக்கருவில் உள்ள ஒன்று அல்லது ஒரு சில நியூட்ரான்கள் புரோட்டான்களாக மாறினால் விளைவது அதன் ஐசோபாராகும். அணுவெண் வரிசையில் அருகருகே அமைந்துள்ள இரு ஐசோபார்களின் சில ஆற்றல் நிலைகள் ஒத்த சில பண்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவை ஒப்பு நிலைகள் (analog states) எனக்குறிப்பிடப்படுகின்றன. இந்த ஒப்பு நிலைகள் அணுக்கருவின்கட்டமைப்புப்பற்றிய அடிப்படை அறிவைத் தெளிவுபடுத்துகின்றன.

Z என்ற அணுவெண்ணும் (புரோட்டான் எண்), N என்ற நியூட்ரான் எண்ணும், A (N+Z) என்ற நிறையெண்ணும் உடைய அணுக் கருவை எடுத்துக் காட்டாகக் கொள்ளலாம். மேலும் இது ஒரு குறிப்பிட்ட ஆற்றல், கோண உந்தம், ஒப்பிணைமை(parity) உடைய ஒரு நிலையில் இருப்பதாகக் கருதலாம். இதில் ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் நியூட்ரானுக்குப் பதிலாக ஒரு புரோட்டானை அதே சுற்றுப் பாதையில் இயங்கச் செய்ய, (Z+1) புரோட்டான் எண்ணும், (N—1) நியூட்ரான் எண்ணுமுடைய, எடுத்துக்கொண்ட அணுக்கருவின் ஐசோபார் கிடைக்கின்றது.

அணுக்கரு விசை, அணுக்கருத்துகள் பெற்றிருக்கின்ற மின்னூட்டத்தைப் பொறுத்து அமைவதில்லை என்பதால், அணுக்கரு மற்றும் அருகிலமைந்த ஐசோபாரின் ஆற்றல் நிலைகளில் காணப்படும் வேறுபாட்டிற்கு மிகுதியான புரோட்டானால் விளையும் மின்காந்த வினை மட்டுமே காரணமாக இருக்கும் எனலாம். அணுக்கருவின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்கான மொத்த ஆற்றலில், கூலூம் ஆற்றல் தேவையான பங்கேற்கிறது என்பதால், அணுக்கரு மற்றும் அதன் ஐசோபாரின் ஆற்றல் நிலைகளில் காணப்படும் முக்கியமான வேறுபாட்டிற்கு இந்தக் கூலூம் ஆற்றல் தான் காரணமாக இருக்கும். நியூட்ரான்-புரோட்டான் நிறை வேறுபாடும் இதற்கு ஒரு காரணமாக இருக்கும்.

ஒரு நியூட்ரான் ஒரு புரோட்டானை விட் ஏறக்குறைய 2.5 எலக்ட்ரான் நிறையளவு கூடுதலான நிறையைப் பெற்றிருக்கின்றது. இது 0.782 MeV ஆற்றலுக்குச் சமமானது. இவ்வேறுபாடுகளைக் கருத்திற் கொண்டால், ஒப்புநிலைகளில் காணப் படுகின்ற அணுக்கருக்களின் ஆற்றல்கள் சமமானவையாக இருக்கின்றன என்பதை நிறுவலாம். இருப்பினும், கூடுதலான புரோட்டான்களால் விளையும் கூடுதலான மின் காந்தவினை காரணமாக, ஒப்பு நிலைகளில் உள்ள அணுக்கருக்களின் அனைத்துப் பண்புகளும் நுட்பமாக ஒன்றுபோல இரா என்பதும் கருதத்தக்கது.

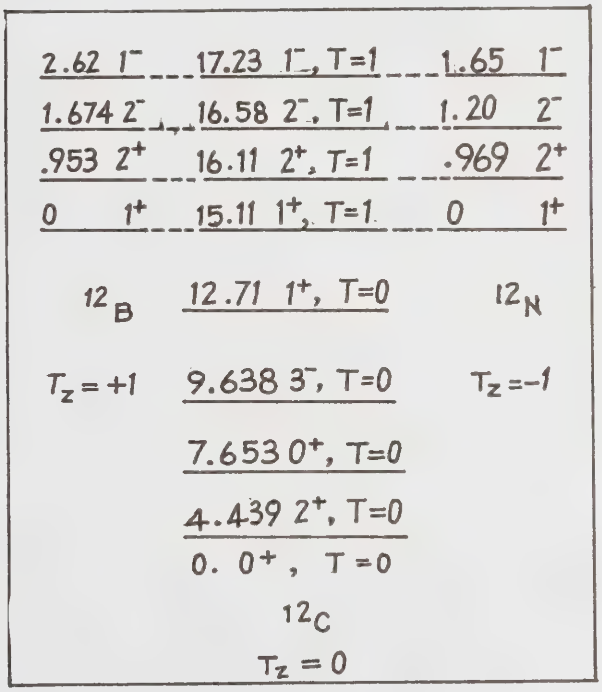
ஐஸோ தற்சுழற்சி. ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவில் ஒரு புரோட்டான் மட்டும் உள்ளது. இதன் ஒப்பு நிலை அணுக்கரு ஒரே ஒரு நியூட்ரான் உடையதாக இருக்கும் எனலாம். அணுக்கரு கூடு போன்ற அமைப்பில் (nuclear shell model), பல் துகளுடைய அணுக் கருக்களின் ஆற்றல்நிலைகளை, நிலையாற்றலால் வரையறை செய்யப்பட்ட ஆற்றல் அரண்களுக்குள் இயங்கும் தனித்த நியூட்ரான் மற்றும் புரோட்டான்களின் இயக்கங்களைக் கொண்டு கணக்கிடுவர். இக்கணக்கீடுகள், அணுக்கருக்களின் ஒப்பு நிலைகளை அறிந்து கொள்ளப் பயனுள்ளவையாக உள்ளன. இதற்கு ஐசோ தற்சுழற்சி (iso spin) என்ற புதிய கோட்பாடு தேவையாகிறது. அடிப்படைத் துகள்களின் ஒரு பண்பு இந்த ஐசோ தற்சுழற்சியால் வரையறுக்கப்படுகின்றது. இதை T என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவர். நியூட்ரானும், புரோட்டானும் வெவ்வேறு அடிப்படைத் துகள்கள் எனினும், ஐசோ தற்சுழற்சி காரணமாக அவை ஒரே தொகுப்பில் ஒருங்கிணைகின்றன.

அணுக்கருத்துகள்களின் ஐசோ தற்சுழற்சி $T=\frac{1}{2}$ ஆகும். ஐசோ தற்சுழற்சி வெளியில் (isospin space) இது இரு கிளைகளாகப் பிரிகிறது. இதை Tz என்ற குறியீட்டால் குறிப்பிடலாம் ($T_z = \pm\frac{1}{2}$) $T_z=\frac{1}{2}$ என்ற நிலை புரோட்டானையும், $T_z=-\frac{1}{2}$ நியூட்ரானையும் குறிக்கும். ஓர் அணுக்கருவின் ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக்கூறு என்பது அதில் உள்ள அணுக்கருத்துகள்களின் ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக் கூறுகளின் கூட்டுத்தொகை ஆகும். நியூட்ரான் எண் N உம், புரோட்டான் எண் Z உம் உடைய ஓர் அணுக் கருவின் ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக்கூறு $T_z = \frac{Z-N}{2}$ ஆகும். கோண உந்தத்தோடு ஒப்பிட்டு நோக்க ஐசோ தற்சுழற்சி T ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக்கூறு Tz ஐ விடக் கூடுதலாக அல்லது சமமான மதிப்புடையதாக இருக்க வேண்டும். Tzஇன் பெரும மதிப்பு $\frac{N+Z}{2}$ ஆகும். ஒப்பு நிலையில் உள்ள அணுக்கருக்களின் ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக்கூறில் வேறுபாடு

இருப்பினும், அவை சமமான ஐசோ தற்சுழற்சி உடையனவாகவே இருக்கும்.

சம எண்ணிக்கையில் புரோட்டானும் நியூட்ரானும் உடைய அணுக்கருக்கள். ஓர் அணுக்கருவில் சமமான எண்ணிக்கையில் புரோட்டானும் நியூட்ரானும் இருக்குமெனில், அவற்றின் ஐசோ தற்சுழற்சி ஆக்கக் கூறு சுழியாக இருக்கும். இவ்வணுக்கருக்களின் தாழ் நிலை ஆற்றல் T=0 என்பதால் வரையறுக்கப்படும். இந்த ஆற்றல் நிலைகளுக்கு ஒப்பு நிலைகள் இல்லை. ஏனெனில் நியூட்ரானைப் புரோட்டானாக மாற்றும் போது அல்லது புரோட்டானை நியூட்ரானாக மாற்றும் போது $Tz=\pm1$ என்றவாறு மாறுதலுக்கு உள்ளாகும். இந்த நிலைகளுக்கு T=0 என்பது இருக்க முடியாது. எனவே T=0 என்ற நிலையில் ஏற்படும் ஒப்பு நிலைகள் நிலையானவையாக இருக்க முடியா என்பது தெளிவாகின்றது.

படம் 1 இல் நிறை எண் 12 உடைய அணுக் கருக்களின் (கார்பன்-12, போரான்-12 நைட்ரஜன் -12) ஒப்பு நிலைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. கார்பன் -12 இல் கிளர்ச்சி நிலை 15.11MeV வரை, அனைத்து ஆற்றல் நிலைகளும் T=0 என்பதால்



படம் 1

மட்டுமே வரையறுக்கப்படுகின்றன. 15.11 MeV ஆற்றலில் T=1 என்பதால் வரையறுக்கப்படுகின்றது. முதல் ஆற்றல்நிலை தற்சுழற்சி ஒன்றும் நேர் ஒப்பிணைமையும் (positive parity) கொண்டுள்ளது. T=1 என்பதுடன் இரு ஒப்பு நிலைகள் (Tz = + 1, Tz=−1) காணப்படுகின்றன. இவை முறையே போரான்-12 நைட்ரஜன்-12 இவற்றின் தாழ் ஆற்றல் நிலைகளாகும். இவையும் தற்சுழற்சி ஒன்றும் நேர் ஒப்பிணைமையைக் கொண்டுள்ளன. இவை கார்பன்-12 இன் 15.11 MeV ஆற்றல் நிலையுடன் சேர்ந்து ஒப்பு மும்மை நிலையை (isobaric triplet) ஏற்படுத்துகின்றன. C-12 இன் உயர் ஆற்றல் நிலைகளும் இதுபோல ஒப்பு நிலைகளைப் பெற்றுள்ளன.

நியூட்ரான் கூடுதலான அணுக்கருக்கள். ஹீலியம் -3 க்கு மேல் உள்ள அனைத்து நிலையான அணுக் கருக்களிலும் $N\geqslant Z$ என்றவாறு உள்ளது. கார்பன்-13 மற்றும் அலுமினியம்-27 போன்ற அணுக்கருக்களில் $N=Z+1$ எனவும் $T=T_z=\frac{1}{2}$ எனவும் உள்ளன. இவற்றின் அனைத்து ஆற்றல் நிலைகளும் ஒப்பு இருமை நிலையில் (isobaric doublet) காணப்படுகின்றன.

1961 வரை ஒப்பு நிலைகள் எளிய அணுக்கருக்களின் (light nuclei) அதாவது நிறை எண் 40 க்கும் குறைவாக உடைய அணுக்கருக்களின் தனிப்பண்பு எனக் கருதப்பட்டது. இதற்குக் காரணம் கனமான கருக்களில் உள்ள மிகுதியான புரோட்டான்களின் கூடுதலான கூலூம் ஆற்றலால், ஒப்பு நிலைச் சீர்மை குலைவுறும் என்பதே ஆகும். எனினும் அண்மைக் கால ஆய்வுகள், கனமான அணுக்களிலும் இந்த ஒப்பு நிலைகள் இருப்பதை எடுத்துக் காட்டியுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக ஈயம்-208, பிஸ்மத்-208 இவற்றைக் குறிப்பிடலாம். ஈயம்-208-க்கு $T_z=22$, பிஸ்மத் -208 க்கு $T_z=21$ ஆகும்.

23 MeV ஆற்றலுக்குக் கீழ் ஈயத்தில் அனைத்து நிலைகளும் T=22 என்பதாலும் 15. 21 MeV ஆற்றலுக்குக் கீழ் பிஸ்மத்தில் எல்லா நிலைகளும் T=21 என்பதாலும் வரையறுக்கப்படுகின்றன. 15. 21 MeV ஆற்றலால் பிஸ்மத்-208 கிளர்ச்சி நிலையடைகிறது. இந்நிலை ஈயம்-208 இன் தாழ் ஆற்றல் நிலையைப் போலக் காணப்படுகின்றது. அதாவது பிஸ்மத் 208 இல் $T_z=21$ என்பதால் வரையறுக்கப்பட்ட 15.21 MeV கிளர்ச்சி நிலையில் உள்ள ஆற்றல் நிலை, ஈயம் 208 இல் $T=T_z=22$ உடைய அடிமட்ட ஆற்றல் நிலையோடு ஒப்பு நிலை கொண்டுள்ளது. மேலும் பிஸ்மத்தின் உயர் ஆற்றல் கிளர்ச்சி நிலைகள் ஈயத்தின் உயர் ஆற்றல் கிளர்ச்சி நிலைகளோடு ஒப்பு நிலையுடன் உள்ளன. நியூட்ரான் மிகுந்த அணுக் கருக்களில் $T=T_z$ என்ற நிலை முதன்மை நிலை (parent state) என்றும், $T>T_z$ என்ற நிலை ஒப்பு நிலை என்றும் குறிப்பிடப்படும்.

எளிய, கனமான அணுக்கருக்களில் காணப்படும் ஒப்பு நிலைகளின் பெரும் வேறுபாடு, ஆற்றல் நிலைகளின் அகலமாகும். எளிய அணுக்கருக்களில் ஒப்பு நிலைகளில் ஆற்றலின் அகலம், கனமான அணுக்

கருக்களை விட மிகக் குறைவாக (சில நூறு எலக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்குள்) இருக்கும். அணுக்கருக்களில் ஒப்பு நிலைகள் பற்றிய ஆய்வு அணுக்கருக்களின் கட்டமைப்பை முழுமையாக அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றன.

- மெ. மெய்யப்பன்

ஒப்புமைக் கணிப்பொறி

மூன்று வகையான கணிப்பொறிகள் உள்ளன. அவை, ஒப்புமைக் கணிப்பொறி (analog computer) இலக்க முறைக் கணிப்பொறி (digital computer) கலப்பினக் கணிப்பொறி (hybrid computer) என்பனவாகும். ஒப்புமைக் கணிப்பொறி ஓர் அமைப்பைப் பற்றிக் கணிக்கும்போது அவ்வமைப்பின் ஒப்புமை மின்குறிகளை வைத்துச் செயல்படும். சான்றாக ஒரு நகரும் பொருளின் நிலையை ஆயும்போது அதன் வேகம், நிலை, முடுக்கம் முதலியவற்றை மின்னோட்டம் மின்னழுத்தம் முதலியவற்றால் ஒப்புமைக் குறிகளாக அமைத்து இக்கணிப்பான் செயல்படும். அமைப்பின் இயங்கும் தன்மைக்கும், கணிப்பான் இயங்கும் தன்மைக்கும் நேரடித் தொடர்பு உண்டு. ஆனால் இலக்கமுறைக் கணிப்பானில் ஒவ்வொரு செய்தியையும் 1 மற்றும் 0 என்ற குறிகளாக மாற்றிய பின்னர் கணிப்பான் செயல்படும்.

ஒப்புமைக்கணிப்பான் ஒரு தனிவகைப் பணி மிகைப்பிகளைக் (operational amplifier) கொண்டு வடிவமைக்கப்படுகிறது: ஒருங்கிணைத்தல் (integraion), பிரித்தெடுத்தல் (differentiation), கூட்டுதல் (addition), பெருக்குதல் (multiplication) வகுத்தல் (division) போன்ற கணிதவியல் கணிப்பிற்குப் பயன்படுவதால் இவ்வகை, மிகைப்பிகள் எனப்படும். ஓர் அமைப்புச் செயல்படும் முறையைக் கணிதவியல் சமன்பாடுகளால் விளக்கலாம். அச்சமன்பாடுகளை நேரிடையாக இக்கணிப்பொறிகளிலிட்டுக் கணக்கிடலாம். இக்கணிப்பொறிகளிலிருந்து வெளிவரும் குறிகள் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டங்களாகவே இருக்கும். இவற்றை X-Y என்ற பதிவான்களுக்குக் கொடுத்து முடிவுகளைப் பதிவு செய்யலாம்.

கணிக்கப்படும் கணக்கின் முடிவு வரைபடம் வாயிலாகத்தான் கிடைக்கும். கணிப்பொறியிலிருந்து முடிவுகள் விரைவில் கிடைத்தாலும் அவை நுட்பமாக இரா. வரைபடத்தின் மூலம் முடிவுகளை நுணுக்கமாகக் கணக்கிட முடியாது. இலக்கமுறைக் கணிப்பான்களுடன் ஒப்பிடும் போது இவை மிகக் குறைந்த நுட்பங்களையே கொண்டுள்ளன. இவற்றின் செயலாற்றும் வேகமும் விடைகளின் நுணுக்கமும் குறைவாயினும் சில சூழ்நிலைகளில் தொழிலகங்களில் இவை பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

-க. அர. பழனிச்சாமி

ஒப்புமையாக்கி

ஒரு பொருள் அல்லது கருவி பற்றி முழுமையாக அறிய அதைப்போல அனைத்து வகைகளிலும் ஒத்திருக்கும் மற்றொரு பொருள் அல்லது கருவி உருவாக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஒப்புமையாக்கி (simulator) என்று பெயர். சர் ஐசக் நியூட்டன் ஒப்புமை விதிகளை (lows of similarity) விளக்கியுள்ளார். மாதிரிகள் (models) வடிவக் கணிதத்திலும் (geometry) இயங்கு திறத்திலும் (dynamical) மூலங்களைப் போலவே இருக்கவேண்டும் என்பது நியூட்டனின் விதியாகும்.

ஆற்றல் அமைப்புகளில் கணிதச் சமன்பாடு, படிமப் பகுப்பாய்வு ஆகிய இரு உத்திகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. இம்மாதிரி, ஒப்புமையாக்கிகளைச் சேர்ந்தவையாகும். இவை மூல அமைப்புகளின் (proto type) எல்லாப் பண்புகளையும் கொண்டிருப்பது இன்றியமையாதது. இவற்றின் விகித அளவும் தன்னளவும் மிகுந்த கவனத்துடனும், தேவைக்கேற்பவும், பொருளாதார வரைமுறைகளுக்கேற்பவும் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன. பாலங்கள், அணைகள், கட்டிடங்கள், நில ஊர்திகள், நீரூர்திகள், வானூர்திகள், எந்திரக்கருவிகள், மருத்துவக்கருவிகள் ஆகியவற்றைப் பற்றி ஆராயவும், அவற்றை வடிவமைக்கவும் ஒப்புமையாக்கிகள் பயன்படுகின்றன. மேற்கூறியவற்றில் பல அமைப்புகளைப் பற்றி அதிலும் குறிப்பாகப் பளுத்திறன் (action under load) பற்றி ஆராயும்போது கணித ஆய்வு மிகவும் கடினமாகி விடுகிறது. அப்போது ஒப்புமையாக்கிகள் மிக நுண்மையான தத்துவங்களையும் நுட்பமாக அறிந்து கொள்ள வகை செய்கின்றன.

தற்கால நவீன வானூர்திகள், ஏவூர்திகள் (aircrafts and rockets) போன்றவற்றை இயக்குபவர்களுக்குப் பயிற்சி அளிப்பதற்குப் பறத்தல் ஒப்புமையாக்கிகள் (flight simulators) பயன்படுகின்றன. அவற்றில் நீடித்து உழைக்கும் தன்மை (eudurance), திறன் (competence), எதிர் புவியீர்ப்புத் திறன் (negative ‘G’ effects) போன்றவற்றை உணர்வதற்குத் தேவையான வசதிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. இந்த ஒப்புமையாக்கிகளால் விரைவாகவும், எளிமையாகவும், குறைந்த செலவிலும் மேற்கண்ட ஆய்வுகளைச் செய்ய முடியும்.

விண்ணூர்திகள் புயல், மழை தட்பவெப்பம் ஆகியவற்றைத் தாங்குமா என்று ஆராயப் புயல்,

மழை, வெப்பம் ஆகியவற்றை உண்டாக்கக் கூடிய மிகப் பெரிய ஒப்புமையாக்கிகள் உருவாக்கப்பட்டுள் ளன. மேற்காணும் ஒப்புமையாக்கிகள் கப்பல்களின் நிலைப்பு, மிதக்கும் ஆற்றல் ஆகியவற்றைப் பற்றி ஆய்வு செய்யவும் பயன்படுகின்றன. பறத்தல் ஒப்பு மையாக்கிகள் (flight simu!ators) பறக்கும் பயிற்சி யின் ஒரு முக்கிய கூறாகும். இவற்றின் மூலம் வானத் தில் செல்ல வேண்டிய பயிற்சிகளைத் தரையிலேயே செய்ய முடியும்.

அறிவியல் ஆய்வுகள், பொறியியல் வடி வமைப்புகள் இவற்றின் தேவைக் கேற்ப மாதிரி களாகச் செய்யப்பட்டு அவற்றின் ஒப்பியல்புகள் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன. இரு அமைப்புகள் ஒரே வகையில் இயங்கவேண்டுமெனில் அவற்றின் வடிவக் கணித, இயங்குவிசை இயக்கத்திறன் ஆகியவை ஒரே மாதிரியாக ஒத்து இருக்க வேண்டும். இயங்கு விசை ஒரே வகையில் இருக்க அடிப்படை மற்றும் மிக முக்கிய அளவுகளின் விகிதங்கள் (எடுத்துக் காட்டாக விட்டத்திற்கும் நீளத்திற்கும் உள்ள விகிதம்) சமமாக இருக்கவேண்டும்.

இயங்குவிசை ஒப்புமையாக்கத்தில் வேகங்களும் வேகச் சரிவுகளும் (velocity gradients) தொடர் புடைய இடங்களில் ஒரே விகிதத்தில் இருக்க வேண்டும். இயக்கவியல் ஒப்புமைக்கு இரு அமைப்பு களில் உருவாக்கப்படும் விசைகள் எடுத்துக்காட்டாகப் பாகுமை (viscosity), சடத்துவம் (inertia) ஆகியவை சமமாக இருக்கவேண்டும். நகரும் நீர்மங்களில் மொத்த அழுத்தம் ஆவி அழுத்தத்திற்கும் (vapour pressure) கீழே போகும்போது அவற்றின் ஓட்டம் தடைப்படுகிறது. எனவே ஒரு நீரியல் சுழலியை (hydraulic turbine)ஆய்வு செய்யும்போது நீரோட்டம் தடைப்படாமல் ஓடுவதை ஆய்வு செய்ய வேண்டும். இந்த ஆய்விற்கு மிகப்பெரிய நீருருளை நீண்ட நீர்க் குழாய்கள் ஆகியவற்றைச் செய்வது கடினம். பொருளாதார முறையில் நேரமும் கூடுதலாகும். ஆகவே, மேற்காணும் ஆய்வுகளுக்கு ஒப்புமை யாக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

இவ்வாறே காற்று ஆய்வுகள், நீர்ப்போக்கிகள் (water tunnels), மிதவைத் தொட்டிகள் (towing tanks) எந்திரங்களை ஆய்வு செய்யும் நிறுத்துவிசைக் காட்டிகள் (dynamo meter), உணர்சட்டங்கள் காந்தப்புல ஆய்வுகள் ஆகிய துறைகளில் ஒப்புமை ஆக்கிகள் பெருமளவு பயன்படுகின்றன. வெடி மருந்துக் கருவிகள் ஏவூர்திகள் துறையில் ஒப்புமை யாக்கிகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் அபாய நிலை குறைக்கப்படுகிறது. மிகுதியான திறன் சேமிப்பும் (power saving), செலவும் குறைக்கப்படு கின்றன.

துருவத்தின் குளிர்ந்த பனிவயல்கள், சஹாரா போன்ற வெம்மைப் பாலைவனங்கள் ஆகியவற்றையும் ஒப்புமையாக்கிகளைக் கொண்டு உருவாக்கி ஆய்வுகள் செய்ய முடியும். உடற்பயிற்சி நிலையங்கள் அழகு நிலையங்கள், செயற்கை உறுப்பு மையங்கள் ஆகிய இடங்களில் ஒப்புமையாக்கிகளைக் காணலாம்.

கணிப்பொறிகள் அனைத்துமே ஒப்புமையாக்கி களேயாகும். மனிதனின் மூளைத் திறன் சிந்தனை யாற்றல் மூலம் செய்யப்படும் செயல்களை அவை மின்னணு நுட்பங்கள் மூலமாகச் செய்கின்றன. எந்திர மனிதர்களும் ஒப்புமையாக்கிகளே நீர் மூழ்கிகளிலும் துருவப் பகுதிக் கப்பல்களிலும் வேலை செய்யும் மாலுமிகள் மாதக் கணக்கில் சூரிய ஒளி இல்லாத சூழ்நிலையில் பணிபுரிகின்றனர். அவர் களுக்குச் சூரிய ஒளியின் பயனைத் தருவதற்குப் புறஊதா ஒளி ஒப்புமையாக்கிகள் (UV simulators) பயன்படுகின்றன.

திரைப்படத் துறைகளில் புயல், மழை, தீவிபத்து, அருவி, ஓடை, மலை, கடல் திமிங்கிலம், சுறா, பெரும்பாம்பு ஆகியவற்றைக் காட்ட ஒப்புமை யாக்கிகள் பயன் படுகின்றன. அவற்றைத் தந்திரக் காட்சிகள் எனக்குறிப்பிடுவர். மருத்துவத் துறையில் நுண்ணுயிர், கிருமி இவை எவ்வாறு மனிதர்களைத் தாக்குகின்றன என்று ஆய்வு செய்வதற்கு ஒப்புமை யாக்கிகள் பயன்படுகின்றன. ஆனால் மனிதர்களுக்குப் பதிலாக மிருகங்கள், பறவைகள் ஆகியவை ஆய்வுக்கு உள்ளாக்கப்படுகின்றன. அவை தாங்கிகள் (carriers) எனப்படும்.

இரண்டாம் உலகப் போரின்போது ஜெர் மானியர்களால் பயன்படுத்தப்பட்ட ஏவுகணைகள் கண்டம் விட்டுக் கண்டம் பாயும் ஏவுகணைகள், விமானங்களை அழிக்கும் வெப்ப வேட்டை ஏவு கணைகள் செயற்கை மழைக் கருவிகள் ஆகிய யாவுமே ஒப்புமையாக்கிகள் மூலமே முதல் முதலில் தோன்றிப் பிறகு படிப்படியாகப் பெருகி விட்டன.

- இரா. மணிவாசகன்

ஒப்பு வடிவுடைமை

ஒத்த மூலக்கூறுகள் உள்ள இருபடிகங்களின் படிக வடிவமைப்பு ஒத்திருந்தால் அது ஒப்புவடிவுடைமை (isomorphism) எனப்படும். ஒப்புவடிவமுடைய இரு படிகங்கள் (ஒத்த வேதிச் சமன்பாடு, சம அல்லது ஏறக்குறைய சம நேர் அயனி, எதிர் அயனி ஆர விகிதம், அயனிகளின் ஒப்பிடத்தகுந்த முனைவாக்கப் பண்புகள் (polarisibilities) ஆகியவை கொண்டவை. ஒப்பு வடிவமுடைமை கொண்ட படிகங்களின் பண்பு களும் ஒத்திருப்பதால் அவற்றைப் பிரித்து நோக்குதல் கடினம். எ. கா. சோடியம் நைட்ரேட், கால்சியம்

கார்பனேட் பேரியம் சல்ஃபேட் ஸ்ட்ரான்சியம் சல்ஃபேட் காரீய சல்ஃபேட்.

தோரியம் ஆக்சைடு லிதியம் ஆக்சைடு ஆகிய பொருள்கள் எதிர் ஒப்புவடிவமுடையவை (anti-isomorphism) எனப்படுகின்றன. இவை இரண்டும் கால்சியம் ஃபுளூரைடு வடிவமைப்புக் கொண்டவை. ஆனால் நேர், எதிர் அயனிகளின் பருமன் வேறுபாடு காரணமாக ஒன்றுக்கொன்று இடம் மாறியுள்ளன. நேர் ஒப்புவடிவமுடைய படிகங்கள் காப்புப் படிகங் களாகும் தன்மையுடையவை. ஆனால் எதிர்ஒப்பு வடிவமுடைய படிகங்களுக்கு இப்பண்பு இல்லை.

உலோகங்களில் தாமிரம் (FCC), நிக்கல் (FCC) போன்றவை ஒப்புவடிவமுடையவை; இவ்வுலோக இரட்டைகள் முழு நீர்மைக் கரைதன்மையும் (liquid solubility) முழுத் திண்மக் கரைதன்மையும் (solid solubility) கொண்டவை. கலப்பு உலோகங் கள் செய்ய உலோகங்களின் ஒப்புவடிவமுடைமை பெரிதும் பயன்படுகின்றது.

-வெ. ஜோசப்

ஒப்பு வரைபடம்

காண்க: விதிமுறை வரைபடம்

ஒப்போசம்

டைடெல்ஃபிடே (Didelphidae) குடும்பத்தைச் சேர்ந்த பைப்பாலூட்டிகளாகிய (marsupials) ஒப் போசம்கள் (opossums) பொதுவாகக் கனடா விலிருந்து தென் அமெரிக்காவின் தென்முனை வரை பரவியுள்ளன. இவை அனைத்துண்ணிகள்; மெதுவாக இயங்குபவை; பொதுவாக மரங்களில் வாழ்பவை. நீளமான பற்றுந்தன்மையுள்ள வாலின் உதவியால் மரக்கிளைகளைப் பற்றிக்கொள்கின்றன. பருந்து, நரி, ஆந்தை போன்ற விலங்குகள் ஒப்போசங்களைப் பிடித்து உண்ணுகின்றன. நாய் போன்ற இயற்கை எதிரிகளால் தாக்கப்படும்போது, தப்பி ஓட முடியாத காலத்தில் ஒப்போசம்கள் அவற்றைத் திருப்பித் தாக்குகின்றன. ஆனால் நாய் ஒப்போசத்தைப் பிடித்து விட்டால் அப்போது ஒப்போசம் உடனே உடலைச் சுருட்டிக் கண்களை மூடிக்கொண்டு, நாக்கை வெளித் தள்ளி இறந்துவிட்டது போல் அசைவற்றுக் கிடக்கும். ஒப்போசம் இறந்து விட்டதாக நினைத்து நாய் விலகிச் சென்றபின் அது மெதுவாக எழுந்து ஓடிவிடும். இவ்வாறு எதிர்பாராமல் அவை அசைவற்றுப் போவ தன் காரணம் புலனாகவில்லை. அந்தச் சமயத்தில் மூளையிலிருந்து வெளிப்பட்டு உடலில் பரவும் ஒரு விதச் செயல்முடக்கப் பொருளால் உடலுறுப்புகள் இயக்கமின்றிச் செயலற்றுப் போகின்றன. பின்னர் இந்த வேதிப்பொருள் செயலற்றுப் போவதால் ஒப்போசம் மீண்டும் தன்னுணர்வு பெறுகிறது என்று கருதப்படுகிறது. அண்மையில் மூளை மின்வரைபட ஆய்வுகளிலிருந்து செயலற்றது போலக் காணப்படும் வேளையிலும் ஒப்போசம் தன்னுணர்வுடன் விழிப் புற்ற நிலையிலேயே உள்ளது என்பது கண்டறியப் பட்டுள்ளது. பிற பைப்பாலூட்டிகளைப் போலவே குட்டிகள் பிறந்தவுடன் அவற்றை வயிற்றிலுள்ள மதலைப்பையில் (marsupial pouch) சுமந்து செல் கின்றன. பெண் ஒப்போசம் ஓர் ஆண்டு வளர்ச்சி முடியும் முன்பே இனப்பெருக்கம் செய்கிறது. இவற் றின் கருவளர்காலம் 12-13நாள்கள். ஓர் ஈற்றில் 5-20 குட்டிகள் பிறக்கின்றன. பிறக்கும்போது குட்டி கள் மிகச் சிறியனவாக அவரை விதையளவு உள்ளன. பிறந்த குட்டிகள் தாயின் உடலில் உள்ள மயிரைப் பற்றிக்கொண்டு நகர்ந்து சென்று மதலைப்பையை அடைந்து, தாயின் பால்மடியிலுள்ள பால் காம்பு களைப் பற்றிக்கொள்கின்றன. ஏறக்குறைய இரண்டு மாதங்கள் சென்றபின் இவை மதலைப்பையை விட்டு வெளியேறிவிடுகின்றன; ஆனால் மேலும் சில வாரங் களுக்குக் கைகால்களாலும் வாலினாலும் தாயின் உடலைப் பற்றிக்கொண்டு அதன் அருகிலேயே வளர் கின்றன. தனித்து வாழும் நிலையைப் பெற்றவுடன் தனியே பிரிந்து சென்று விடுகின்றன. ஒப்போசம்கள் இரண்டு ஆண்டு வரை உயிர் வாழ்கின்றன.

ஒப்போசத்தில் ஏறக்குறைய 65 சிறப்பினங்கள் உள்ளன. அவற்றுள் பெரும்பாலானவை மத்திய, தென் அமெரிக்கப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில் பொதுவாக ஒப்போசம் எனப்படும் வெர்ஜினியா ஒப்போசம் (*Didel phis marsupialis*) மட்டுமே காணப்படுகிறது. இது பூனை அளவுள்ளது; அடர்த்தியான, வெளிர் சாம்பல் நிறமான மயிரை உடையது. கூர்மையான முகவாய், பெரிய மயிரற்ற சாம்பல் நிறக் காதுகள், கருநிறக் கண்கள், மயிரற்ற ஆனால் செதில்கள்யுடைய பற்றுந்தன்மையுள்ள நீண்ட வால்; நீளமான ஐந்து விரல்களைக்கொண்ட கால்கள் ஆகிய சிறப்பியல்பு களைக் கொண்டது. இதற்கு முப்பது பற்கள் உள்ளன. பின்கால் பெருவிரலில் கூர்நகத்துக்குப் பதிலாகத் தட்டையான நகம் உள்ளது. மரக் கிளைகளைப் பற்றுவதற்கேற்ப இவ்விரல் மற்ற விரல்களுக்கு எதிர்ப்புறமாகஅமைந்துள்ளது.

பெண் ஒப்போசத்தின் அடிவயிற்றில் பெரிய, முன்புறமாகத் திறப்புள்ள மதலைப்பை உள்ளது. இதில் ஏறக்குறைய 13 பால் காம்புகள் உள்ளன. இவற்றைவிட மிகுந்த எண்ணிக்கையுள்ள குட்டிகள் பிறக்கும்போது ஒரு பால் காம்புப் பையை ஒரு குட்டி

ஒப்போசம் வாலால் மரக்கிளையைப் பற்றிக் கொண்டு தொங்குதல்.

வீதம் பற்றிக்கொள்வதால் எஞ்சிய குட்டிகள் இறந்து விடுகின்றன. பொதுவாக ஒப்போசம்கள் மரப்பொந்து களில் வாழ்கின்றன. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் தெற்குப் பகுதியில் ஒப்போசம்கள் வேட்டையாடப் படுகின்றன. இளவேனில், குளிர்காலங்களில் ஒப்போ சங்களின் தோலுக்கடியில் ஓர் அடர்த்தியான கொழுப்புப் படலம் காணப்படுவதால் அப்பருவத்தில் இவை மிகுதியாக வேட்டையாடப்படுகின்றன.

பொதுவாக ஒப்போசம்களுடன் நெருங்கிய தொடர்புடைய வேறு சில வகை ஒப்போசம் மத்திய, தென்அமெரிக்கப் பகுதிகளில் கடல் மட்டத்திலிருந்து ஆண்டல் மலைகளில் 3700 மீ. உயரம்வரை பர வலாகக் காணப்படும். தாழ்ந்த பகுதிகளில் வாழ் பவை வெளிர் சாம்பல் நிறமானவை. உயரமான பகுதிகளில் வாழ்பவை கறுப்பு, வெள்ளை நிறங் கலந்தவை.

ஏனைய இனங்களைச் சேர்ந்த ஒப்போசங்கள் மெக்சிகோவிலிருந்து படகோனியா வரை பர வியுள்ளன. இவற்றுள் பெரும்பாலானவற்றில் முழு வளர்ச்சியடைந்த மதலைப்பை இல்லை. ஆனால் அவை மதலைப் பையை உடைய மூதாதைகளிலிருந்து படிமலர்ச்சிபெற்றவை என நம்பப்படுகிறது. பொது வாக ஒப்போசக் குட்டிகளைப் போலவே இவற்றின் குட்டிகளும் தாயின் மார்புக் காம்புகளைப் பற்றிய படிக்காணப்படுகின்றன. நான்கு கண்ஒப்போசம்களில் (*Metachirus rudicandatus*) ஒவ்வொரு கண்ணிற்கு மேலும் ஒரு வெண்திட்டுக்காணப்படுவதால் அதற்கு இப்பெயர் ஏற்பட்டது.

பெண் ஒப்போசத்தில் பால்மடிப் பகுதியைச் சுற்றி மதலைப் பைக்குப் பதிலாக ஒரு தோல்மடிப்பு காணப்படுகிறது. அடர்த்திவால் ஒப்போசம் தென் பிரேசில், பராகுவே பகுதிகளில் காணப்படும் நீர் வாழினமாகும். இதன் உடலின் மேற்பகுதி சாம்பல் பழுப்பு நிறமானது, அடிப்பகுதி வெளிர் சாம்பல் நிறமானது. இதன் கால்கள் குட்டையானவை. ஒட்டுடலிகள், சிறுமீன்கள் போன்றவற்றை இது உணவாகக்கொள்ளும். யாப்போக் எனப்படும் நீர் வாழ் ஒப்போச (*Chironectes minimus*) இனத்தில் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த மதலைப்பை காணப்படுகிறது.

ஆபத்துக்காலத்தில் ஒப்போசம் இறந்ததுபோல் அசைவற்றுக் கிடத்தல்.

மதலைப்பையில் குட்டிகள்

விரலிடைச் சவ்வுடைய பின் கால்களும் அகன்ற, தட்டையான வாலும் இதன் தனிப் பண்புகள் ஆகும்.

எலி ஒப்போசம்கள் அர்ஜெண்டினா, சிலி ஆகிய நாடுகளில் காணப்படுகின்றன. இவை மரங்களில் வாழ்பவையாகும். வாலின் அடிப்பகுதியில் தேக்கி வைக்கப்படும் கொழுப்புத் திரட்சி, குளிர் காலத்தில் உள்ஏற்கப்படுகிறது. பெரும்பாலான எலி ஒப்போசம் கள் மெக்சிகோவிலிருந்து பட்டகோனியா வரை பரவியுள்ளன. இவற்றின் கண்ணைச் சுற்றிக் கரு நிறப்பகுதி காணப்படுகிறது. உடல், சாம்பல் நிறத்திலிருந்து கரும் பழுப்பு வரை இனத்துக் கினம் வேறுபடுகிறது. மூஞ்சூறு ஒப்போசங்கள் அமெரிக்காவின் வெப்பப்பகுதிகளில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. மோனோடெல்ஃபிஸ்டொமெஸ்ட் டிக்கா (*Monodelphis domestica*) குட்டையான வாலும் மூஞ்சூறு போன்ற தோற்றமும் உடையது. இது பூச்சிகளையும் எலிகள் போன்ற கொறிக்கும் விலங்குகளையும் பிடித்து உண்ணுகிறது. கம்பளி மயிர் ஒப்போசம் மென்மையான அடர்ந்த மயிருடை யது. இதன் வாலின் அடிப்பகுதியில் மயிர் காணப் படுகிறது. மேலும் இவ்வகை ஒப்போசங்களில் வால் முழுதும் மயிரால் மூடப்பட்டுள்ளது.

-ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வு

கரைப்பான் மூலக்கூறுகள் மட்டும் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடிய, கரைபொருள் மூலக்கூறுகள் ஊடுருவிச் செல்ல முடியாத இடைத்திரை அல்லது சவ்வு ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வு (semipermeable membrane) எனப்படும். விலங்குகளிலும் தாவரங் களிலும் வளர்ச்சியின் பொருட்டு சவ்வூடுபரவல் நிகழ்ச்சி நடைபெற இச்சவ்வு இன்றியமையாதது. தாவரத்தின் செல்சுவர்கள், கோழி முட்டையில் மேல் ஓட்டின் உட்புறமாக உள்ள படலம், செலோ ஃபேன் தாள், கொலோடையான் ஏடுகள் ஆகியன ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

வேறுபட்ட செறிவுள்ள இரு கரைசல்களை நுண்துளைகள் அமைந்த ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வினால் பிரித்து வைக்கும்போது, குறைந்த செறிவுள்ள கரைசலிலிருந்து செறிவு மிகுந்த கரைசலுக்குக் கரைப்பான் மூலக் கூறுகள் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இந்நிகழ்ச்சி சவ்வூடு பரவல் எனப்படுகிறது. சவ்வின் இரு புறமும் கரைசலின் செறிவு சமமாகும் வரை இந்நிகழ்வு நடைபெறும். கரைப்பான் மூலக்கூறுகள் இருபுறமும் கடந்து செல்கின்றன. ஆனால் குறைந்த செறிவுள்ள கரைசலிலிருந்து செறிவு மிகுந்துள்ள கரைசலுக்குச் செல்லும் கரைப்பானின் மூலக்கூறுகளே எண்ணிக்கையில் மிகுந்திருக்கும். எனவே, ஒருகூறு புகவிடும் சவ்வின் வழியே சவ்வூடு பரவல் நிகழும் போது மிகுந்த கரைசலின் செறிவு குறைக்கப்படு கின்றது.

பொதுவாகக் கரைப்பான் மூலக்கூறுகளின் பருமனளவு, கரைபொருள் மூலக்கூறுகளின் பருமனைவிடச் சிறியது. சவ்வில் நுண்துளைகள் மிகுந்துள்ளன. ஆனால் ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வில்

உள்ள நுண்துளைகள் கரைப்பான் மூலக்கூறின் பருமனளவை விடப் பெரியவையாகவும், கரை பொருளின் மூலக்கூறுகளின் பருமனளவை விடச் சிறியவையாகவும் இருப்பதால், கரைப்பான் மூலக் கூறுகள் மட்டும் சவ்வின் வழியே ஊடுருவிச் செல்ல முடியும்; கரைபொருள் மூலக்கூறுகள் சவ்வின் வழியே ஊடுருவிச் செல்ல முடியாது.

உயிர்ப் பொருள்களின் செல் சுவர்கள் நீரை மட்டும் எளிதில் ஊடுருவிச் செல்லவிடும் சவ்வு களாகச் செயல்படுகின்றன. ஆனால் நீர்மத்தில் கரைந்துள்ள பொருள்களைப் பெரும்பாலும் ஊடுருவிச் செல்ல விடுவதில்லை. நீர் மூலக்கூறுகள் செல் களின் ஊடே சென்று, அவற்றினுள்ளே அழுத் தத்தை மிகுவித்துச் செல் சுவர்களை இலேசாகப் பருக்கச் செய்து அவற்றை விறைப்பாக இருக்கும் படிச் செய்யும். எனவேதான் புல் தண்டுகள், இலை கள், பூவிதழ்கள் ஆகியவை சிறிது நீண்டு சுருங்கும் தன்மையுடையனவாக உள்ளன. தாவரத்தை வெட்டிவிடும்போது செல் சுவர்களின் வழியாக நீர் ஆவியாகிச் செல்வதால், உயிரணுக்களாலான நீர் மத்தின் கன அளவு குறைந்து, செல் சுவர்கள் செழிப்பை இழந்துவிடுகின்றன. தாவரம் உலர்ந்து வதங்கி விடுகிறது. ஆனால் சிறிதளவு உலர்ந்த தாவ ரத்தை நீரில் வைத்தால், செல் சுவர்கள் வழியே சவ்வூடு பரவல் மீண்டும் நிகழத் தொடங்கி, செல் சுவர்கள் மீண்டும் விறைப்பாகித் தாவரம் முன்பு இருந்த தோற்றத்தைப் பெறும்.

இயற்கையில் கிடைக்கும் விலங்குச் சவ்வுகள் முற்றிலும் ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வுகளாக அமைவ தில்லை. மேலும் இந்தச் சவ்வுகளின் மேல் மிகுதி யான அழுத்தம் உண்டானால் எளிதில் கிழிந்துவிடு கின்றன. பொதுவாக, கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் மிகுதியாகவே உள்ளது. ஆகவே, சவ்வூடு பரவலழுத்தத்தை அளக்க, வலிவானதும், முற்றிலும் ஒருகூறுபுகவிடும் பொருளாகவும் உள்ள செயற்கைச் சவ்வுப் பொருளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். காப்பர் சல்ஃபேட் கரைசலையும் பொட்டாசியம் ஃபெரோ சயனைடு கரைசலையும் வேதி முறையில் வினையுறச் செய்து, அதனால் உருவாகும் காப்பர் ஃபெரோசய னைடை ஒரு பீங்கான் குவளையிலுள்ள நுண் துளை களில் படியச் செய்தால், எளிதில் பாழ்படாத, வலி வான ஒரு கூறுபுகவிடும் சவ்வு கிடைக்கிறது. நீரில் கரைவதும், குறைந்த மூலக்கூறு எடை கொண்டது மான கரைபொருள்களுக்கு இந்தச் சவ்வு மிகச் சிறந் தது. கரிமக் கரைப்பானில் கரைவதும், மூலக்கூறு எடை மிகுதியும் கொண்டதுமான கரிமக் கரை பொருள்களுக்குச் செல்லுலோஸ் கொலோடையான் ஏடுகள் சிறந்த ஒருகூறுபுகவிடும் சவ்வுகளாகும்.

- கே. சுந்தரம்

ஒருங்கமை நேரியல் வகைகெழுச் சமன்பாடு

காண்க: இயல்பான வகைக்கெழுச் சமன்பாடு

ஒருங்கிணைந்த களை பராமரிப்பு

களைகளால் பயிரின் விளைச்சல் 20% முதல் 100% வரை தாக்கமுறுகிறது. களைகளில் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டியவை வகை, பருவம் என்பன வாகும்.

வகை. புல், கோரை, அகன்ற இலைக்களைகள், நீர்க் களைகள் போன்றவை.

பருவம். இது ஒரு பருவம், இரு பருவங்கள், பல பருவங்கள் எனப் பிரிக்கப்படும். பொதுவாக ஒரு பருவக் களைகள் விதையிலிருந்து முளைத்து வரும். பல பருவக் களைகள் விதைத்த வேர்த் துண்டுகள், கிழங்குகள் மூலமாகவும் பரவும்.

தமிழ் நாட்டின் முக்கிய களைகள். நெல் வயலில், சேற்றுப்புல் அல்லது செத்த களை, வயல் கோரை, கரிசலாங்கண்ணி, ஆலக்கீரை, நீர் மேல் நெருப்பு, நீர்த்தாமரை, நீர்க்கிராம்புக் களைகளும் தோட்டக் கால் இடங்களில் குதிரைவாலிப்புல், மாதங்கிப்புல், இஞ்சிப்புல், வக்காகட்டைப்புல், அரிசிப்புல், டில்லிப் புல், அறுகம்புல், கோரை, சிலந்தி, சாரணை, மூக்குரட்டை, குப்பைக்கீரை, பருப்புக்கீரை, அம்மாம் பச்சரிசி, முதலைப்பூண்டு பசலிக்களைகளும், மானா வாரி இடங்களில் பண்ணைக்கீரை, ஊமத்தை, அமலை, மேலாநெல்லி, தொய்யக்கீரை, தும்பை, கொழுஞ்சி, சுடுமல்லி, காட்டுக் கண்டங்கத்தரி, கோரை போன்ற களைகளும் வளர்கின்றன.

ஒருங்கிணைந்த களைத்தடுப்பு. பயிர்களை போட்டித் தன்மை, (crop-weed competition) சாகுபடி முறை (இறவை, மானாவாரி), நடும் முறை (விதைப்பு, நடவு), பயிர்த்தன்மை (உயரம், குட்டை) மிகுதியான தூர் விடும் தன்மை, உழவியல் முறை (நிலம் பண் படுத்துதல், பயிர் இடைவெளி, உரம் இடுதல், நெல் விதை) ஆகியவற்றைப் பொறுத்தமையும், களைகளை அறவே ஒழிக்க முடியாவிட்டாலும் கட்டுப்படுத்தலாம். இதற்கு நான்கு முறைகள் உள்ளன. அவை உழவியல் முறை, எந்திரமுறை, உயிரியல் முறை, களைக் கொல்லி முறை எனப்படும்.

ஒரு பருவக் களையை எந்திர முறை அல்லது களைக்கொல்லி மூலம் எளிதில் கட்டுப்படுத்தலாம். இந்நான்கு முறைகளையும் இணைத்துப் பயிர்களின் இளம் பருவத்திலேயே பலபருவக்களையை முழுமை யாகக் கட்டுப்படுத்தலாம். கோடையில் ஆழமாக

உழுத பின் களைச் செடிகளின் வேர், கிழங்கு போன்றவற்றைப் பொறுக்கி அழிக்கலாம். சால் விதைப்பு, வரிசை நடவு ஆகியவை எளிதாகக் களை எடுப்பதற்கு உதவும். ஆழமாக உழுது விதைக்காமல் மேலாக விதைத்தால் முளைத்த களைகள் அழியக் கூடும். புவிக்குக் கீழே உள்ள களை, விதை மேலே வாராமல் தடுக்கும். சான்றிதழ் பெற்ற விதைகளில் களை விதைகள் இல்லாமையால் அவற்றைப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

பயிர்ச் சுழற்சியைக் கடைப்பிடிப்பதால் ஒட்டுண்ணிக் களைகளைத் தவிர்க்கலாம். மானாவாரி நெல், தானியப் பயிர் ஆகியவற்றில் வீடார், கொர்ரு, நாட்டுக்கலப்பை, பளுகு ஆகிய கருவிகளைப் பயன் படுத்திச் சிக்கனமாகக் களைகளைக் கட்டுப்படுத்த லாம். கரும்பு, பருத்தி மஞ்சள் தென்னை, வாழை முதலிய பயிர்களின் நீண்ட இடைவெளியில் ஊடு பயிர்களாக வெங்காயம் பயறு வகை, காய்கறி, பசுந்தாள், உரச்செடி வகைகளைச் சாகுபடி செய் தால் களைகளைக் கட்டுப்படுத்திக் கூடுதல் பயனையும் பெறலாம்.

பார் (ridge) மூலம் நீர் பாய்ச்சுவதும், பயிரின் இளம் பருவத்தில் நீரைக் கட்டுப்படுத்துவதும் களை யைக் குறைக்கும். நன்கு மட்கிய தொழு உரம் சிறந்தது. பயிரில் களை வளர்ச்சியைப் பொறுத்து உரம் அளிக்கும் முறையைக் கையாள வேண்டும். அறுகம்புல், கோரைக் கிழங்கு ஆகியன மிகுந்துள்ள இடத்தை வயலாக்கும்போது அவை அழுகி முளைக்கா. டிராக்டரில் சக்கரங்கள் பொருத்தி வயலைச் சேறாக்கினால் மேலே வரும் கோரைக் கிழங்குகள் வேர் ஆகியவற்றை எடுத்து விடலாம்.

பொதுவாகக் கைக்கொத்து மூலம் களைகளைக் கொத்தி அப்புறப்படுத்துகின்றனர். ஆனால் ஆள் பற்றாக்குறை, மழைக்காலங்களில் கைக்களை எடுப் பதில் கடினம் முதலியன ஏற்படும். வெங்காயம், கை விதைப்பு நெல் முதலிய நெருக்கமான பயிர் களில் கைக்களை எடுப்பது கடினமாக இருக்கும்.

களைக்கொல்லி மூலம் களைகளைக் கட்டுப் படுத்துவது எளிதாகவும், சிக்கனமாகவும் இருப்ப தோடு விளைச்சலும் கூடுகிறது. களைக்கொல்லி தெளிப்பதில் களை முளைக்கும் முன் இடும் களைக் கொல்லிகள், களை முளைத்த பின் இடும் களைக் கொல்லிகள் என இரு முறைகள் உள்ளன.

களை முளைக்கும் முன் இடும் களைக்கொல்லி. களை முளைக்கும் சமயத்திலேயே அழிந்து விடுவ தால் பயிர்களின் இளம் பருவத்தில் களைகள் மிகு வதில்லை. பின்வரும் களைக்கொல்லிகள் பரிந்துரை செய்யப்படுகின்றன.

நெல் நடவுப் பயிர் புட்டாகுளோர் அல்லது பெந்தயோகார்ப் ஏக்கருக்கு 0.6 கிலோ வீரிய மருந்தை 20 கிலோ மணலுடன் கலந்து நட்ட 3-5 நாள்களுக்குள் இட வேண்டும். மருந்து இட்ட பின் வயலிலிருந்து நீரை வடிக்கக் கூடாது.

சேற்று விதைப்பு. 0.4 கிலோ வீரிய மருந்தை விதைத்த எட்டாம் நாள் இட வேண்டும்.

புழுதி விதைப்பு. மேற்கூறிய மருந்தை ஏக்கருக்கு 250 லிட்டர் தண்ணீரில் கலந்து விதைத்த மூன்றாம் நாள் கைத்தெளிப்பான் மூலம் தெளிக்கலாம்.

சோளம், கம்புக்குரிய வீரிய மருந்தை 250 லிட்டர் நீரில் கலந்து, விதைத்த மூன்றாம் நாள் கைத் தெளிப்பானில் பேன் (fan) அல்லது டிப்பெக் டார் (defector) கூர்நுனிக்குழல் (nozzle) பொருத்தித் தெளிக்க வேண்டும்.

கரும்பு. மேற்கூறிய மருந்தை ஏக்கருக்கு 0.4 கிலோ வீதம் வீரிய மருந்தாக இட வேண்டும்.

கடலை, சூரியகாந்தி, வெங்காயம், காய்கறிச் செடிகள். ஏக்கருக்குப் புளூகுளோரைலின் (fluchlorai in) 0.4 கிலோ வீரிய மருந்தை 250 லிட்டர் நீரில் கலந்து விதைத்த மூன்றாம் நாள் தெளித்து அன்று அல்லது மறு நாள் தண்ணீர் விட வேண்டும்.

பயறுவகை மேற்கூறிய மருந்தை ஏக்கருக்கு 0.3 கிலோ வீதம் வீரிய மருந்தாக இடவேண்டும். களை முளைத்த பின் இடும் களைக்கொல்லிகள், குறிப்பாக வளர்ந்த பல பருவக்களையையும் ஒட்டுண்ணிக் களையையும் கட்டுப்படுத்த உதவுகின்றன.

நெல், கரும்பு, ராகி, சோளம், கம்பு, மக்காச் சோளம். 2, 4-டி (2' 4-D) ஏக்கருக்கு 0.4 கிலோ வீரிய மருந்தை 250 லிட்டர் நீரில் கலந்து விதைத்த பதினைந்தாம் நாள் தெளிக்கலாம். கரும்பு, நெல் பயிர்களில் இதைப் பிற களைக் கொல்லிகளுடன் கலந்து தெளிக்கலாம். 2, 4-டி களைக்கொல்லியைத் தெளிக்கும்போது பக்கத்தில் பருத்தி, வெண்டை, சூரியகாந்தி, கடலை முதலிய பயிர்கள் இருக்கக் கூடா.

வேளாண்மை அல்லாத இடங்களில் வளரும் பார்த்தீனியத்தைக் கட்டுப்படுத்த சமையல் உப்பு 200 கிராம் 1 லிட்டர் நீரில் கலந்து தெளிக்க வேண்டும். அல்லது ஏக்கருக்குப் பேராகுவேட் (para guat) 0.2 கி. வீரிய மருந்துடன் 2, 4-டி (2,4) 0.6 கிலோ மருந்துக் கலவையை 250 லிட்டர் நீரில் கலந்து தெளிக்கலாம்.

பல்லிப்பூண்டு என்ற சுடு மல்லி ஒட்டுண்ணி கரும்பு சோளப் பயிர்களில் இருந்தால் யூரியா அல்லது அம்மோனியம் சல்ஃபேட் அல்லது சோடியம் குளோ ரைடு 100 கிராம் 1 லிட்டர் நீரில் கலந்து தெளிக்க லாம்.

- அ. முகம்மது அலி

ஒருங்கிணைந்த பூச்சி மேலாண்மை

புவியில் பூச்சிகள் தோன்றி 400 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகின்றன என்று அறியப்பட்டுள்ளது. இவற்றுள் மகரந்தச் சேர்க்கைக்கு உதவும் ஈக்கள், பட்டுப்பூச்சிகள், அரக்குப் பூச்சிகள் எனப் பல வகைப்பட்ட நன்மை பயக்கும் இனங்களும் உண்டு. கடந்த பத்தாயிரம் ஆண்டுகளாக உழவுத் தொழிலை மேற்கொண்டு பெருகி வரும் மக்கள் தொகைக்கு உணவு வழங்கவும் பயிர்களில் உயர் விளைச்சல் காணவும் பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்ட போதே பூச்சிகளின் தொல்லையும் தொடங்கியது. பூச்சிகளை ஒழிக்கும் எண்ணத்துடன் குறிப்பாக, இரண்டாம் உலகப்போருக்குப் பின் பூச்சி மருந்துகளின் மீது மிகுந்த நம்பிக்கை வைக்கப்பட்டது.

தேவைக்கு மேலான பூச்சிக் கொல்லிகளின் பயன்பாட்டால் உடல் நலக்கேடு, பூச்சிக் கொல்லிகளின் எச்சம் உணவுடன் கலத்தல், நிலம், நீர், காற்று ஆகியவற்றில் கலந்து சுற்றுப்புறச் சூழலுக்குத் தூய்மைக்கேடு விளைவித்தல், நன்மை பயக்கும் பூச்சிகளை அழித்தல் போன்ற தீய விளைவுகள் உண்டாயின. எனவே, பூச்சிக் கொல்லிகளை மட்டுமே நம்பியிராமல் பல முறைகளையும் ஒருங்கிணைத்துப் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தும் முறை உருவாக்கப்பட்டது. பயிர்களில் பூச்சிகள் பொருளாதார இழப்பை விளைவிக்காத அளவில் அவற்றைக் கட்டுப்பாட்டுக்குள் வைக்கலாம் என்ற கொள்கையும் ஏற்பட்டது. அதற்கேற்பப் பயிர்ப் பாதுகாப்பில் பூச்சிக்கொல்லிகளை மட்டும் நம்பியிராமல் ஏனைய பயன்படும் முறைகளையும் இணைத்து ஒருங்கிணைந்த பூச்சி மேலாண்மை என்னும் கொள்கை தற்போது அனைவராலும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. பூச்சிகள் மேலாண்மைக்குக் கீழ்க்காணும் முறைகளும் கோட்பாடுகளும் பயன்படுகின்றன.

உழவியல் முறை. பூச்சிகள் பெருகாமல் தடுக்க ஒரே பயிரையோ, அதற்கு மேற்பட்ட பூச்சிகளின் தாக்குதலுக்குள்ளாகக் கூடிய பயிர்களையோ தொடர்ந்து பயிரிடாமல் பயிர்ச் சுழற்சியைக் கடைப்பிடித்தல் நல்லது. விளை நிலங்களிலும், அவற்றைச் சுற்றியுள்ள பலவகைக் களைகளிலும் பூச்சிகள் மறைந்திருந்து பெருகிப் பயிர்களைத் தாக்க வாய்ப்புண்டு. எனவே களைகளை நீக்கி, வயல்களையும் வரப்புகளையும் தூய்மையாக வைத்திருத்தல் பூச்சிகள் பெருகுவதைத் தடுக்கும். நிலத்தை ஆழமாக உழுவதால் பயிர்களைத் தாக்கும் சில வகை வேர்ப் புழுக்களைக் கொல்லவும் அவை மேலே வரும்போது பறவைகள் அவற்றை அழிக்கவும் வாய்ப்புண்டு.

வெட்டுப்புழுக்கள், வேர்ப்புழுக்கள் உள்ள பகுதிகளில் சில நாள் வயலில் நீரைத் தேக்கி வைத்தால் அவற்றைக் கட்டுப்படுத்தலாம். நீரை அடிக்கடி வடித்துக் கட்டுவதால் நெல்லில் புகையான், தண்டுப் புழு ஆகியவற்றின் தாக்குதலைக் குறைக்கலாம். ஒரு பகுதியில் உள்ள அனைத்து உழவர்களும் விதைத்தலை நீட்டிக்காமல் ஒரே சமயத்தில் அல்லது குறுகிய நாளில் விதைத்தால் பூச்சிகளின் தாக்குதலிலிருந்து தப்பலாம். பலரும் பல நாள் இடைவெளி விட்டு விதைத்தால் பூச்சிகள் படிப்படியாகப் பெருகும். எந்த ஒரு பகுதியில் பூச்சி இருக்கிறதோ அதன் தாக்குதலை மிகுதியாகத்தவிர்க்க ஒத்த வயதுடைய வகைகளையே தேர்ந்து பயிரிடல், நீண்ட கால வகைகளுக்குப் பதில் குறுகிய கால அல்லது நடுத்தர வயது கொண்டவற்றைப் பயிரிடல் ஆகிய செயல்களை உழவர்கள் எளிதில் பின்பற்றலாம். பருவத்தில் விதைப்பதும், நடுவதும் பூச்சிகளைத் தவிர்க்க உதவும்.

வழக்கமாகப் பயன்படுத்தும் விதை அளவை விடச் சற்று மிகுதியான விதை அளவைப் பின்பற்றினால் தொடக்க நிலையில் பயிரைத் தாக்கிப் பயிர் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கும் சோளக் குருத்து ஈ போன்ற பூச்சிகளால் ஏற்பட இருக்கும் இழப்பை ஈடுகட்ட இயலும்.

பருத்தி, மிளகாய் ஆகிய பயிர்களைச் சுற்றி ஆமணக்கைப் பயிர் செய்வதால் புருடீனியா வெட்டுப் புழு தோன்றுவதை முன்கூட்டியே அறியவும், ஆமணக்கில் தொலைவிலிருந்து பார்த்தாலே தெரியும் சல்லடை போன்று அரிக்கப்பட்ட, வெள்ளையாகத் தோன்றும் இலையின் அடிப்புறத்தில் கூட்டமாக உள்ள புருடீனியாவின் சிறு புழுக்களை அழிக்கவும் முடியும்.

பல பயிர்களின் அறுவடை முடிந்ததும் உழுது, நிலத்தில் எஞ்சி நிற்கும் பயிரின் பகுதிகளைத் திரட்டி அழிப்பது பல பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்த உதவும். பயிர்களுக்கு நைட்ரஜன், பாஸ்ஃபரஸ், பொட்டாஷ் சத்து மிக்க சீரான சத்துணவே தேவை. அவற்றை விடுத்துத் தழைச்சத்தை மட்டும் இடுவதாலும் அல்லது அளவுக்கு மேலாக இடுவதாலும் பூச்சிகள் பெருக வாய்ப்புண்டாகும். உழவியல் முறையில் விளக்கப்பட்ட பூச்சி மேலாண்மைக் கோட்பாடுகளால் உழவர்களுக்குக் கூடுதலான முதலீடு இல்லை. இந்த உழவியல் கோட்பாடுகளால் பின் விளைவுகளும் சுற்றுப்புறச் சூழலுக்குத் தூய்மைக் கேடுகளும் இல்லை.

பயிரிடல். பயிர்களில் உள்ள பூச்சி எதிர்ப்புத் திறனை மூவகைப்படுத்தலாம். முதல் வகையில் குறிப்பிட்ட வகையை ஒரு பூச்சி தாக்கி உண்டால் அதன் முட்டை இடும் திறன் குறைவது, அதன் இன வளர்ச்சி குறைவது அல்லது இளம் பருவத்திலேயே மடிவது போன்ற செயல்கள் நிகழும். இரண்டாம் வகையில் சில பயிர் வகைகளைப் பூச்சி தாக்கினாலும், தாக்கப்பட்ட பகுதி மிகுதியும் அழிவடையாமல் மீண்டும் வளர்வதுடன், போதிய விளைச்சல்

கொடுக்கும் தன்மையும் கொண்டுள்ளன. மூன்றாம் வகையில்சிலபயிர் வகைகளைப் பூச்சிகள் உண்ணவோ, முட்டையிடவோ, உறைவிடமாகப் பயன்படுத்திக் கொள்ளவோ விரும்பாமல் அவற்றைத் தவிர்க்கவே முயல்கின்றன. இம்மூவகை எதிர்ப்புத் திறனில் ஏதேனும் ஒன்றைத் தன்னுள் கொண்டு, பொருளாதார முறையில் ஒப்புக் கொள்ளக்கூடிய விளைச்சல் தரும் விளைச்சல் ஆற்றல் கொண்ட பயிர் வகைகளை உருவாக்கும் பணி தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது.

பூச்சிகளுக்கு எதிர்ப்புத்திறன் கொண்ட வகைகளைப் பயிரிடுவதில் கூடுதல் செலவில்லை; பூச்சி மருந்துகள் தேவையில்லை அல்லது அவற்றின் தேவையும் மிகக் குறைவாதலால் சாகுபடிச் செலவும் சிக்கனம் ஆகும். மனிதர்களுக்கும், கால்நடைகளுக்கும் தீமை ஏற்படுவதில்லை. மேலும் சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலை மாசுபடுவதில்லை; பயிர்ப்பூச்சிகளின் பெருக்கத்தைத் தடுக்கலாம். எனவே, ஒருங்கிணைந்த பூச்சி மேலாண்மையில் எதிர்ப்புத் திறன் கொண்ட வகைகள் பெம்ருபங்காற்றுகின்றன.

இயற்கை அல்லது செயற்கை ஆற்றலால் கட்டுப்படுத்துதல். சூரிய வெப்பத்தையும், ஒளியையும் தாங்க இயலாமல் சேர்த்துவைக்கும் தானியங்களையும், விதைகளையும் வெயிலில் உலர வைக்கும்போது பல பூச்சிகள் மடிகின்றன. முருங்கை மரத்தில் தோன்றும் கம்பளிப் பூச்சிகளைத் தீப்பந்தம் கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம். விளக்குப் பொறி வைத்தல் மூலம் பல பூச்சிகளைக் கவர்ந்து அழிக்கவும், அவை எந்த அளவில் தோன்றியுள்ளன என்பதைக் கண்காணித்துப் பயிர்ப் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளை மேற்கொள்ளவும் முடியும். காமாக் கதிர்களைக் கொண்டு பூச்சிகளை மலடாக்கும் திட்டம் மேலை நாடுகளில் காணப்படுகின்றது.

புழு நீக்கம் செய்தல். இம்முறை தொன்று தொட்டுக் கடைப்பிடிக்கப்பட்டு வருவது. எடுத்துக்காட்டாகக் கடலையில் தோன்றும் சிவப்புக் கம்பளிப் பூச்சிகளின் முட்டைக் குவியல்கள், சிறிய பெரிய புழுக்கள், கூட்டுப்புழு ஆகியவற்றைத் திரட்டி அழிப்பதைக் குறிப்பிடலாம். நெல் நாற்றை நடும்போது நுனிகளைக்கிள்ளிவிட்டு நடுவதால், கிள்ளப்பட்ட பகுதியில் உள்ள குருத்துப் பூச்சியின் முட்டைக் குவியல்கள் நீக்கப்படுதல், தாக்கப்பட்ட பயிர்ப்பகுதிகளை அவற்றுள் இருக்கும் பூச்சி புழுக்களுடன் அகற்றி அழித்தல், நீண்ட ஆழமான குழிகளை வெட்டிப் படைப்புழுக்கள் ஒரு வயலிலிருந்து பிற வயல்களுக்குப் பரவாமல் தடுத்தல், பழமரங்களில் மீது மாவுப் பூச்சிகள் செதில் பூச்சிகளின் குஞ்சுகள் ஊர்ந்து ஏறுவதைத் தடுக்க எண்ணெய் மசகு போன்ற பிசுபிசுப்பான பொருள்களைப் பாலித்தீன் தாள்களில் தடவி அடிமரத்தில் கட்டுதல், மாதுளை போன்ற மரங்களில் பழங்களுக்குப் பை கட்டுதல், விதைகளுடன் வீரியம் ஏற்றப்பட்ட களிமண் கலந்து வைத்தல் ஆகிய காப்பு நடவடிக்கைகள் மூலம் பூச்சிகளின் இனப்பெருக்கத்தையும், இழப்பையும் தவிர்க்கலாம்.

உயிரினத்தால் உயிரினத்தைக் கட்டுப்படுத்துதல் அல்லது உயிரியல் கட்டுப்பாடு. பயிர்களைத் தாக்கி அழிவை விளைவிக்கும் பூச்சிகளுக்கு இயற்கையிலேயே பகை உயிரினங்கள் உண்டு. அவை பூச்சிகளிலேயே சில வகை ஒட்டுண்ணி, ஊண்பூச்சி, நூற்புழு, சிலந்தி, மீன், தவளை, பல்லி, ஓணான். பறவை, மூஞ்சூறு போன்ற பாலூட்டி, பூச்சிகளுக்கு நோய்களை உண்டாக்கும் பாக்டீரியம் பூசணம், வைரஸ் எனப்படும் நச்சுயிரி எனப் பலவகைப்படும். அவற்றைப் பயன்படுத்திப் பயிர்ப் பூச்சிகளைக் கொல்வது உயிரினத்தால் உயிரினத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் முறையாகும். இம்முறையில் முன்னரே உள்நாட்டில் இருந்துவரும் நன்மை பயக்கும் உயிரினங்களைக் கண்டறிந்து அவற்றை ஆய்வுக் கூடங்களில் மிகுதியாக உற்பத்தி செய்து வயல் வெளிகளில் விட்டுப் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்துதலாம். மற்றொரு வகையில் வெளிநாட்டிலிருந்து இத்தகைய நன்மை பயக்கும் உயிரினங்களைக் கொண்டு வந்து தீமை தரும் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

சட்டங்களின் மூலம் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தல். ஓர் இடத்திலிருந்து பிற இடத்திற்கு அழிவை விளைவிக்கும் பூச்சிகள் பரவாமல் தடுக்கப் பலநாடுகளிலும் சட்டங்கள் இயற்றப்பட்டுள்ளன. பூச்சி பரவாமலிருக்க ஒவ்வொரு நாட்டிலும் ஏற்றுமதி இறக்குமதி செய்யப்படும் விதை, செடிகொடி: விளைபொருள் முதலியன நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்டுத் தேவையிருந்தால், மருந்திடப்பட்டுத் தக்க சான்றிதழ்களுடனே அனுப்பப்படுகின்றன. இவற்றை கண்காணிக்க முக்கிய விமான நிலையங்களிலும், துறைமுகங்களிலும் ஆய்வாளர்கள் உள்ளனர். 1919 இல் நிறைவேற்றப்பட்ட தமிழக வேளாண்மைப் பூச்சி நோய்கள் சட்டம், 1958இன் பஞ்சாயத்துச் சட்டம் முதலியன பூச்சிகள் பரவுவதைத் தடுக்கவும் பூச்சிகளால் அழிவு விளையும் என்று தெரிந்தால் பயிர்களில் பெருமளவில் கட்டாயமாக் மருந்து தெளிக்கவும் வகை செய்கின்றன. எனவே, இத்தகைய சட்டக் கட்டுப்பாடுகளை முனைப்புடன் மேற்கொண்டு பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்த இயலும். இது பல நாடுகளிலும் பின்பற்றப்படும் முறையாகும்.

பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளால் கட்டுப்படுத்துதல். பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளால் கட்டுப்படுத்த பல கரிம மருந்துகளும், குளோரின், பாஸ்ஃபரஸ் கார்பமேட் மருந்துகளும் செயற்கை மருந்துகளும் பயன்பட்டு வந்துள்ளன. புதிய பூச்சிக் கொல்லி ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. இவையனைத்தும் நஞ்சுகளாயினும் விரைவாகவும் எளிதாகவும் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. பூச்சிகள் வரும் முன்னர்

அட்டவணைப்படித் தெளிப்பதால் பல நாள்களுக்குப் பயன் தரும்; மருந்து தெளிக்கப்பட்ட பயிர் உயர் விளைச்சல் கொடுக்கும் என்று கருதப்பட்டதால் பூச்சிக் கொல்லிகளைப் பயன்படுத்திப் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தும் முறை முதலில் மிகவும் எளிதாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், இவற்றால் ஏற்படும் பின் விளைவுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. எனவே, பூச்சிக்கொல்லிகளை அட்டவணைப்படியோ முன் தடுப்பாகவோ பயன்படுத்தாமல் ஒவ்வொரு பயிரிலும் பூச்சிகள் எந்த எண்ணிக்கையில் இருந்தால் பொருளாதார இழப்பு விளையும் என்னும் கணிப்பு களைத் தெரித்து கொண்டு, தேவைக்கேற்பப் பயன் படுத்துவதே சிறந்தது,

உணவு தேட, முட்டையிட. துணைதேட. பூச்சிகள் இயற்கையில் சில வேதிப் பொருள்களை நாடுகின்றன. அவற்றையே செயற்கைப் பொருள் களாகச் செய்து பூச்சிகளைக் கவர்ந்து அழிக்கும் முறையும், பூச்சிகளுக்கு நோய்களை உண்டாக்கும் நுண்ணியிர்களைப் பெருக்கி வயல் வெளிகளில் தெளிக்கும் முறையும், வேப்பங்கொட்டையில் உள்ள கசப்புத்தன்மையைச் செயற்கைப் பொருள் களிலும் உண்டாக்கிப் பயிரில் தெளித்தால் அவற்றை விரும்பி உண்ணாமல் பூச்சிகளை அழிக்கும் முறையும், பூச்சிகள் முழு வளர்ச்சி பெற்று இனப்பெருக்கம் செய்ய இயலாமல் புழு அல்லது குஞ்சுப் பருவத்திலேயே வளர்ச்சியைத் தடைசெய்யும் முறையும் பூச்சி மேலாண்மையில் பெரும் பங்கு ஏற்கும் வாய்ப்புகளாக உள்ளன.

- ஏ.பி. ரங்கராஜன்

ஒருங்கியைவு

இருவேறு செயல்முறைகளில் ஒன்றை அடியொற்றிப் பிறிதொன்று நிகழ்வதாக (அதாவது, ஒத்தியங்கும் நிகழ்வொருமை உடையனவாக) இருத்தல் ஒருங்கி யைவு (synchronization) எனப்படும். எடுத்துக்காட் டாக மின் கடிகையைக் குறிப்பிடலாம். மின் கடிகை யின் முள்களை நகரச் செய்யும் மின்னோடி மின் நிலையத்தின் மின்னாக்கி வேகத்திலோ அதன் மடங்கு களிலோ சுழலும். இதனால், கடிகையின் முள் நகரும் வேகம் மின்னாக்கியின் வேகத்தோடு ஒருங்கியைவு உடையது எனலாம். இவ்வாறே இருவேறு மின்னாக்கி களின் அலைவெண் ஒன்றாகவே இருக்குமானால் அவை ஒருங்கியைவு உடையன எனலாம். ஒருங்கி யைவு உடைய இரு மாறுதிசை மின்னாக்கிகள் ஒரே கட்டத்தில் (phase) இருக்கும்.

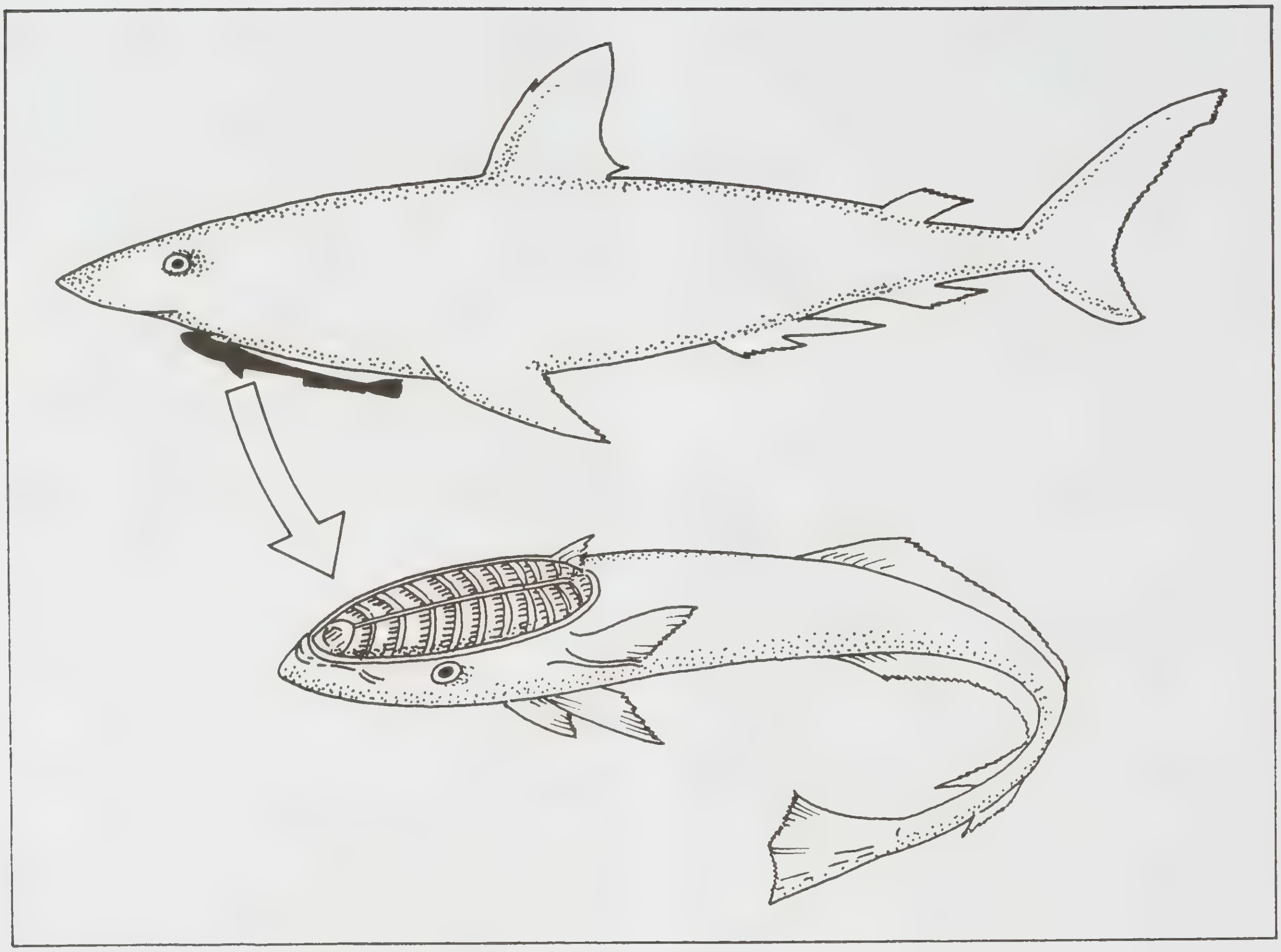
ஒருங்கியைவு என்பது தொலைக் காட்சியில் இன்றியமையாத தேவையாகும். தொலைக்காட்சி பரப்பி ஒளிபடக் கருவியில் எலெக்ட்ரான் கற்றை, படத்தைத் துருவுகின்றது. தொலைக்காட்சி ஏற்பிப் பெட்டியிலும் எலெக்ட்ரான் கற்றைதான் படத்தை மீட்டுருவாக்குகின்றது. ஒளிப்படக் கருவியிலும், தொலைக்காட்சி ஏற்பிப் பெட்டியிலும் எலெக்ட்ரான் கற்றை எந்நேரத்திலும் ஒரே இடத்தில் இருக்க வேண்டும். இந்த ஒருங்கியைவு இல்லையெனில் தொலைக்காட்சியில் படங்களைக் காண இயலாது. இதற்கெனப் பரப்பிலிருந்து ஒவ்வொரு வரித் துருவ லின் முடிவிலும் ஒரு ஒருங்கியைவுத் துடிப்பு (synchronizing pulse) பரப்பப்படும். இதனால் ஏற்பிப் பெட்டியில் துருவும் எலெக்ட்ரான் கற்றை அடுத்த வரிக்குச் செல்லுமாறு பணிக்கப்படுகிறது. அவ்வாறே எலெக்ட்ரான் கற்றைப் படத்தின் அடிப்பகுதியைத் (இறுதி வரியை) துருவி முடித்த பின்னர் படத்தின் மேல் பகுதிக்குச் செல்ல வேண்டும். இச் செங்குத்து ஒருங்கியைவுக்கும் ஓர் ஒருங்கியைவுத் துடிப்பு அனுப்பப்படும்.

- ச. சம்பத்

ஒருங்குண்ணித்துவம்

உயிரினங்களிடையே பல வகையான இணைவாழ்வு இருந்தாலும், இரு மாறுபட்ட உயிரினங்கள், வேறு பாடின்றி ஒரே பந்தியில் தம் உணவைப் பகிர்ந்து கொள்வதை ஒருங்குண்ணித்துவம் என்பர். இதை ஒரே பந்தி உயிரித்துவம் (commensalism) என்றும் கூறுவர். இவ்வாறு கூடி வாழும் உயிரினங்களின் இணைவாழ்வை அவற்றின் வாழ்க்கை முறையைக் கொண்டு அறிவியலார் பல்வேறு பெயர்களில் எடுத் துக் காட்டியுள்ளனர். சில ஆய்வாளர்கள் அனைத்து வாழ்க்கை முறைகளையும் இணைவாழ்வு (symbiosis) என்றே குறிக்கின்றனர். தனித்து வாழும் திறன் மிக்க உயிரினங்கள், சில குறிப்பிட்ட நேரங்களில் இணைந்து வாழ்வதும், பின்னர் பிரிந்து போவதும் ஆய்வுக்குரிய செய்திகளாகவே உள்ளன. இவ்வாறு இணைந்து வாழும் இரு உயிரிகளில் ஒன்று பய னடைவதும் ஒன்று தாக்கமடையாமல் இருப்பதும், இரு உயிரிகளும் தமக்குள் பயன்பெறுவதும், உணவிற் காக மட்டுமன்றி எதிரிகளிடமிருந்து தம்மைக் காத் துக் கொள்வதும், எளிதில் ஓரிடத்திலிருந்து மற் றோர் இடத்திற்குப் பயணம் செய்தலும், ஓர் உயிரி மற்றோர் உயிரிக்கு இடங்கொடுப்பதும் வியப்புக்குரிய செய்திகளாகும்.

கரையில் வாழும் உயிரினங்கள் மட்டுமன்றிக் கடலில் வாழும் உயிரினங்களிலும் இவ்வகை இணை வாழ்வுமுறை காணப்படுகிறது. கடலில் வாழும் வெள்ளைச்சுறா, நீலத்திமிங்கிலம், கடல் ஆமை போன்றவற்றின் மேல் ஒட்டிக்கொண்டு பயணம்



சுறாமீனும் ஒட்டுமீனும்

செய்யும். மூன்றடி நீளமேயுள்ள ரிமோரா எனப் படும் ஒட்டு மீன் தன் உணவிற்காகவும் பாதுகாப்பிற் காகவும், நீண்ட தொலைவு பயணம் செய்வதற் காகவும் இணை வாழ்வை மேற்கொள்கிறது. முள்கள் நிறைந்த முதுகுத் துடுப்பு ((dorsal fin) ஒட்டுறுப் பாக மாறிப் பெரிய மீன்களின் செதில்களையும், தோலையும் இறுகப் பற்றிக் கொண்டு, அப்பெரிய மீன்களுக்குரிய உணவைத் தாமும் பகிர்ந்து கொள் கின்றன.

பெரிய மீன்கள் உண்டவை போக, மிதந்து வரும் எஞ்சிய துணுக்குகளைப் பாய்ந்து பிடித்து உட்கொண்டு விட்டு, அவற்றிற்கு எந்தவித இடை யூறும் நேராவண்ணம், மீண்டும் அம்மீன்களின் மீது ஒட்டிக்கொண்டே செல்கின்றன. சுறா ஒட்டு மீன்கள் எனப்படும் இம்மீன்கள் சில வேளைகளில் கப்பலின் அடிப்புறத்தே ஒட்டிக் கொண்டு செல்லும் போது கடலில் நீந்தும் மனிதர்களின் மேல் ஒட்டிக் கொள்வதும் உண்டு. மேலும் பெரிய கிளி மீனின் செவுள் மூடியின் உட்புறம் தன் தலையை நீட்டி ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் ஒரு சிறிய ரிமோராவும் உண்டு. உணவிற்காகவும், உறைவிடத்திற்காகவும், பயணத்திற்காகவும் மட்டுமல்லாமல் அப்பெரிய மீன் களின் செவுள்களில் உள்ள கிருமிகளைத் தூய்மை செய்யும் பணியையும் ஒட்டுமீன் மேற்கொண் டிருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது.

இரு உயிரினங்கள் தனித்தனியே உண்ணும் பழக் கத்தைக் கொண்டிருந்தாலும், ஒன்று மற்றொன்றுக் குப் பாதுகாப்பான இடமளித்து அதனிடமிருந்து எவ் வித நன்மையும் பெறாமல் கூடி வாழ்தலைக் கைம் மாறு கருதா இணைவாழ்வு என்பர். மிகச் சிறிய அளவேயுள்ள கடல் நத்தையினுள் இரண்டங்குல நீளமுள்ள கார்டினல் மீன் தனியாகவோ இணை யாகவோ இருப்பதும், துறவி நண்டு நத்தை ஒட்டி னுள் குடிபுகுவதும், நீரிஸ் எனப்படும் வளைதசைப் புழுக்களுக்கு இடமளிப்பதும் இணை வாழ்வேயாகும்.

உயிரினங்களின் உணவுப் பழக்கம் வேறானாலும்,

ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்தே வாழ்வதும், செல்வதும் ஆகிய தன்மைகளையும் பல உயிரிகள் கொண்டுள் ளன. ஹைட்ராய்ட்ஸ் எனப்படும் சில தாவர வகை கள் சில வகைக் கிளிஞ்சல் நத்தைகளின் மேல் ஒட்டிக் கொண்டு வாழ்கின்றன.

நீண்ட கால்களையுடைய சிலந்தி நண்டு எப்போ தும் கடல் சாமந்தி என்னும் குழியுடலியுடன் இணைந்தே காணப்படும். இந்த நண்டுக்குப் பாது காப்பளிக்கும் கடல் சாமந்திக்கு நண்டு உணவளிக் கிறது. சிலவகை நண்டுகளின் மேல் எப்போதும் ஒரு வகைப் புரையுடலி (sponge) ஒட்டிக் கொண்டே யிருக்கும். மேலும் இந்த நண்டுகளின் மீதிருந்து கடல் சாமந்திகளை நீக்கி விட்டால் அந்த நண்டுகள் அலைந்து திரிந்து மீண்டும் கடல் சாமந்திகளுடன் ஒட்டிக் கொண்டோ இணைந்தோ வாழும்

- வீ. இராமையன்

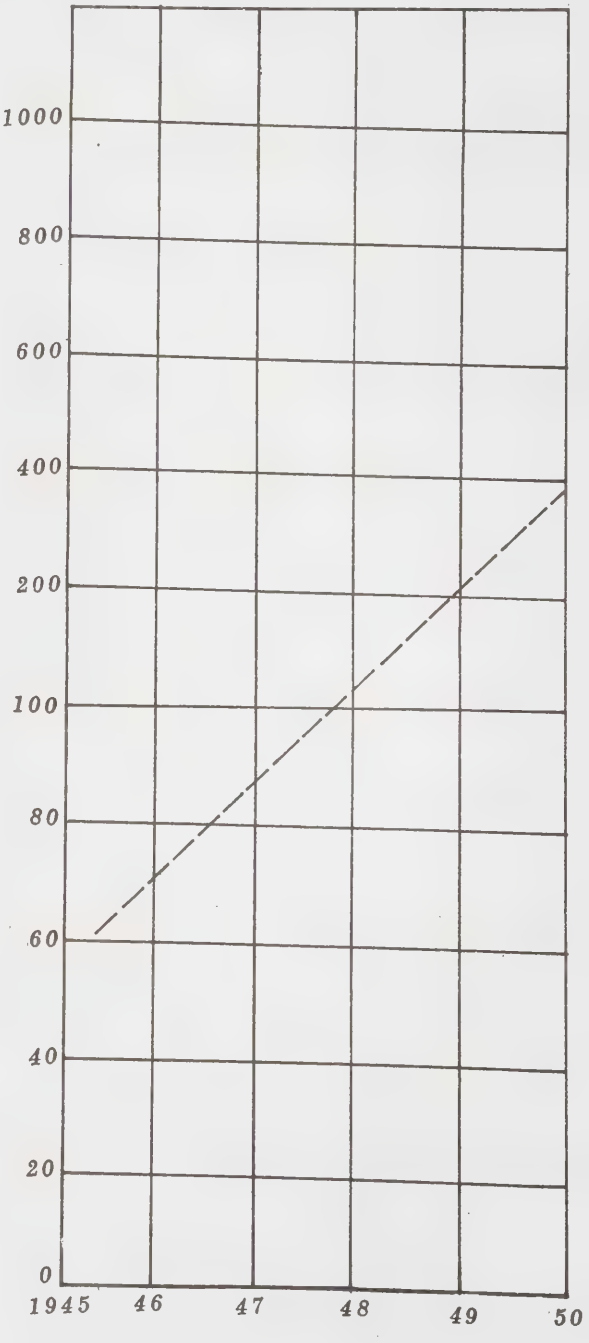
ஒரு பக்க மடக்கை வரைபடம்

தொழிலியலில் உற்பத்தி, விற்பனை, இலாபம் போன்ற பெரும்பாலான தகவல்களில் ஆண்டுதோறும் ஏற்படும் மாறுதல்களை அப்படியே எடுத்துக் கொள் ளாமல், அவற்றின் அதிகரிக்கும் அல்லது குறையும் வீதங்களைக் கொண்டு கணக்கிடுவது வழக்கம். அதேபோல், மக்கள் தொகையைக் குறிப்பிடும்போது, ஒவ்வோர் ஆண்டும் மக்கள் தொகையின் அதிகரிப்பு அல்லது குறைவு எவ்வளவு என்று குறிப்பிடாமல், எத்தனை விழுக்காடு அதிகரித்துள்ளது அல்லது குறைந்துள்ளது எனக் கொள்வது மரபு. இத்தகைய விகித மாற்றங்களை வழக்கமான வரைபடத்தாளில் வரைந்து காண்பதை விட ஒரு பக்க மடக்கை வரை படத்தில் (semi logarithmic graph) அமைத்துக்காணும் முறை எளிதாகும். இதை ஒரு பக்க லாகிரிதத் தாள் எனவும் குறிப்பிடுவதுண்டு.

ஒரு பக்க மடக்கைத் தாளில் கிடையச்சின் (horizontal axis) மேலுள்ள கூட்டுத் தொடர் வரிசை யில் அளவுகளும் நிலைக்குத்து அச்சின் (vertical axis) மேல் மடக்கை அளவுகளில், அந்த மடக்கை அளவு களுக்குரிய எண்களும் குறிக்கப்படும். கிடையச்சில் ஆண்டுகள் அல்லது மாதங்கள் போன்ற கால அளவு கள் சம இடைவெளிகளிலும், நிலைக்குத்து அச்சில் காலம் சார் தொடரின் மதிப்புகளும் குறிக்கப்படு கின்றன. இம்மதிப்புகளுக்குரிய புள்ளிகளைக் குறித்து இணைத்தால், விழுக்காட்டு மாறுதலையுடைய காலம் சார் தொடரின் போக்கு (trend) ஒரு நேர்கோட்டில் அமையும்.

இவ்வரைபடத்தில் சமநிலைக்குத்து, உயரங்கள் சம விகிதங்களைக் குறிப்பிடுவதால் இர்விங் ஃபிஷர் என்ற அறிஞர் இவ்வரைபடத்தை விகித விளக்கப் படம் (ratio chart) என்று குறிப்பிட்டுள்ளார்.

10, 100, 1000, 10000 .... போன்ற எண் களின் மடக்கை மதிப்புகள் முறையே 1,2,3,4......... ஆகும். 100, 10 ஆகிய எண்களின் மடக்கை மதிப்பு களின் வேறுபாடு



படம்

ஒருபக்க மடக்கைத் தாளில் கூட்டுவட்டிப் போக்கு

1000, 100 ஆகியவற்றின் மடக்கை மதிப்புகளின் வேறுபாடு எல்லாம் [2-1 = 1 ; 3-2 = 1 ...] ஒன்றாகவே இருப்பதால் 10, 100, 1000, ... ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் நிலைக்குத்து அச்சில் சம தொலைவுகளில் குறிக்கப்படுகின்றன. அதாவது 100% அதிகரிப்பு 1" தொலைவில் குறிக்கப்பட்டால், 50% 0.5" தொலைவிலும், 10%, 0.1" தொலைவிலும் குறிப்பிடப்படும். இதேபோல மற்றவையும் குறிக்கப்படும். 0வின் மடக்கை மதிப்பு ∞ ஆகையால் மடக்கை அளவுகோலில் 0-புள்ளி கிடையச்சுக்குக் கீழே சுந்தழித் தொலைவில் இருக்கும். அதனால் ஒரு பக்க மடக்கைத் தாளில் நிலைக்குத்து அளவுகோளில் 0-விலிருந்து தொடங்க இயலாது.

ஒரு பக்க மடக்கை வரைபடத்தின் சில முக்கிய பண்புகளாவன: குறிப்பிட்ட விழுக்காட்டில் கூட்டியோ குறைத்தோ செல்லக் கூடிய ஒரு தொடரின் வரைபடம் இதில் ஒரு நேர்கோடாக அமையும். இவ்வரைபடத்திலிருந்து விழுக்காடு மாறுபாடுகளை எளிதில் கண்டுபிடிக்கலாம். சமவிகித மாறுபாடுகள் சமமான சரிவுகளுடன் கூடிய நேர்கோடுகளால் குறிப்பிடப்படுவதுடன் சமவீதத்தில் அதிகரிக்கின்ற அல்லது குறைகின்ற இரு தொடர்கள் இரு இணை கோடுகளாக அமையும். மிகப் பெரிய மதிப்புகளைக் கூட மிகக் குறைந்த இடத்தில் குறிப்பிட முடியும்.

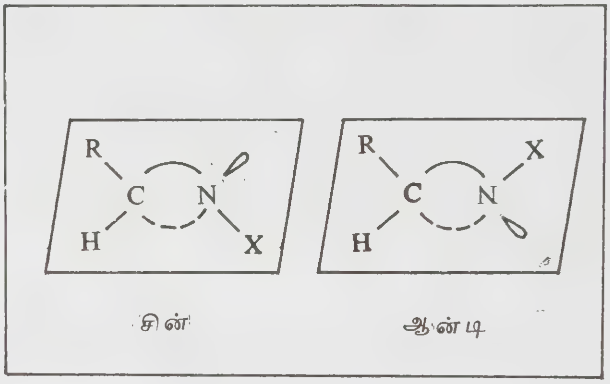
ஆண்டு x	விற்பனை y	போக்குகள் (ஆயிரம் ரூபாயில்)
1946	62	72
1947	180	108
1948	115	162
1949	190	242
1950	455	363

ஒரு சில விவரங்களைக் குறிக்க, நிலைக்குத்து அச்சில் மட்டுமல்லாது, கிடையச்சிலும் மடக்கையளவுகளால் குறிப்பிட வேண்டிய நிலை ஏற்படும். இதற்குப் பயன்படும் மடக்கைத் தாள் இருபக்க மடக்கைத் தாள் அல்லது லாகிரிதத்தாள் (double logarithmic paper) அல்லது மடக்கை - மடக்கைத் தாள் (log - log paper) எனப்படும்.

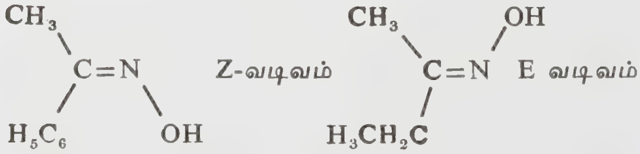
- பங்கஜம் கணேசன்

ஒருபக்க-மாறுபக்க மாற்று

கார்பன்-கார்பன் இரட்டைப்பிணைப்பைச் சுற்றியும், அதேபோன்று கார்பன்-நைட்ரஜன், நைட்ரஜன் நைட்ரஜன் இரட்டைப்பிணைப்புகளைச் சுற்றியும், π-ஆர்பிட்டால் தடையின் காரணமாக, தொகுதிகளைச் சுழற்றி வேறொரு வடிவத்தை அடைவது எளிதன்று என்ற காரணத்தால் ஒருபக்க-மாறுபக்க வடிவங்கள் பிரித்தறியும் அளவிற்குத் தன்மை வேறுபாடு கொண்டுள்ளன.



ஒத்த தொகுதிகள் ஒருபக்கத்தில் இருந்தால் C=C அமைப்பில் சிஸ் (cis) எனவும், C=N அல்லது N=N அமைப்பில் சின் (syn) எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஒத்த தொகுதிகள் மாறுபக்கத்தில் இருக்கும்போது C=C அமைப்பில் டிரான்ஸ் (trans) என்றும் ஆன்ட்டி C=N (anti) என்றும் குறிப்பிடப்படும். N=N அமைப்பில் வடிவப்பெயர் மேற்கூறிய எடுத்துக் காட்டுகளில் எளிதானாலும், கார்பன் அணுவுடன் இரண்டு அல்கைல் அல்லது அரைல் தொகுதிகள் இணைந்திருக்கும் போது சின் ஆன்டி எனப் பெயரிட முடியாது. அண்மையில் உண்டாக்கப்பட்ட வரிசை விதிகளின் படி பொதுமுறைப்படி இவை பெயரிடப் படுகின்றன. (எ.கா)



வரிசைவிதிகளின்படி,

OH, C_6 H_5 CH_3 — ஒருபக்கம்

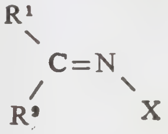
OH, CH_3 CH_2 CH_3 — மாறுபக்கம்

இப்பொது முறையை வடிவ மாற்றியத்தின் அனைத்து வகைகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம். X, R, H என்ற வரிசை காரணமாக, மேற்குறித்த சின், E எனவும் அன்டி, Z எனவும் குறிக்கப்பட வேண்டும். இந்த மாற்றியம் உண்டாக்க மூன்று தொகுதிகள் ஒரே சமமட்டத்திலிருப்பதும் ஒரே கோட்டில்

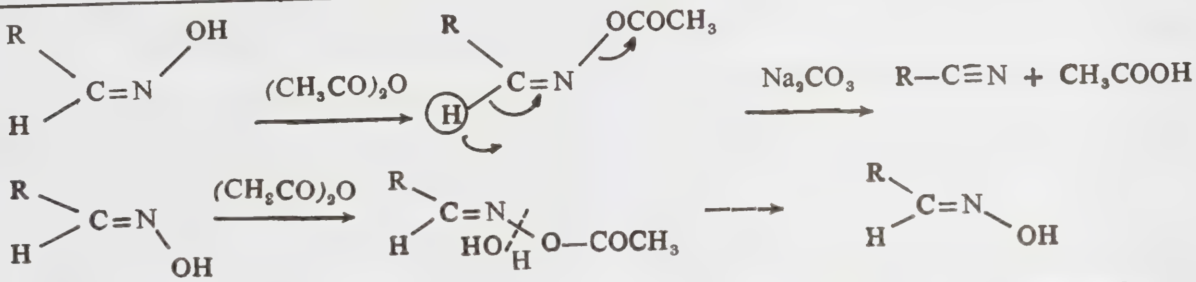
இல்லாததும், இடையில் உள்ள π-ஆர்பிட்டாலும் தேவையாகும். அல்டாக்சைம் மற்றும் கீட்டாக்சைம் பற்றிய ஆய்வுகளே பரவலாகச் செய்யப்பட்டவை என்றாலும் வேறு பலவகைச் சேர்மங்களும் இவ்வகை மாற்றியத்தை வெளிப்படுத்துகின்றன.

பொதுவாக ஆன்ட்டி வடிவம் சின் அமைப்பை விட மிகுதியான நிலைப்புத்தன்மை, உயர் உருகுநிலைகளைக் கொண்டுள்ளது.

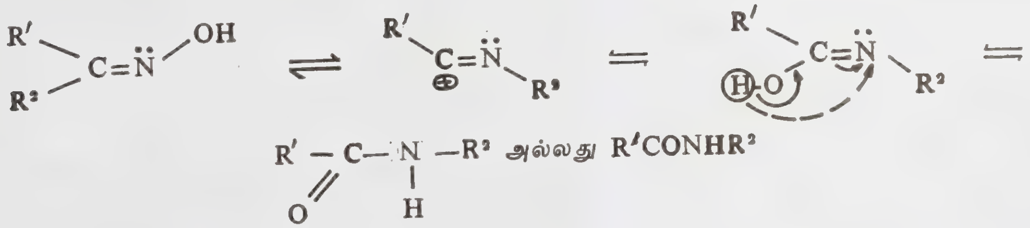
வேதியியல் வினைப்படி இவற்றைப் பின்வரும் வினை மூலம் வேறுபடுத்தலாம். ஆன்ட்டி ஆல்டாக்சைம் எளிதில் வினைப்பட்டு, அசெட்டிக் அமிலத்தை நீக்குகிறது.



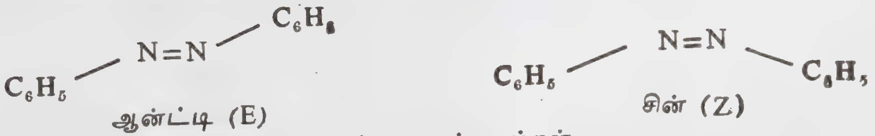
சேர்மம்	X =	சேர்மம்	X =
ஆக்சைம்	—OH	தயோசைமிகார்பசோன்	—NHCSNH$_2$
ஆக்சைம் ஈதர்	—OR	பென்சீன்சில்ஃபோனைலிமீன்	—SO$_2$C$_6$H$_5$
ஹைட்ரசோன்	—NH$_2$	நைட்ராலிக் அமிலம்	
ஃபெனில்ஹைட்ரசோன்	—NHC$_6$H$_5$	R^1 = அரைல், R^2 = NO$_2$ } OH	
அனில் (சிஃப் காரம்)	—C$_6$H$_5$		
செமிகார்பசோன்	—NHCONH$_2$		



கீட்டாக்சைம் பெக்மன் இடமாற்றத்தின் விளைவாகத் தன் அட்டித் தொகுதிகளை ஒன்றுக்கொன்று மாற்றிக்கொள்கிறது எனலாம்.



அசோ சேர்மங்களிலும் ஒரு பக்கவடிவத்தைவிட மற்றது நிலைத்தன்மை கூடியதாக இருக்கிறது. எ.கா அசோபென்சீன்



காண்க: ஆக்சைம்கள்

- வ.ந. வேதாந்த தேசிகன்

நூலோதி. Louis F. Fieser and May Fieser, *Organic Chemistry*, Reinhold Publishing Corporation, New York, Third Edition 1956.

ஒரு பருவச்செடி

இவ்வகைத் தாவரங்கள் விதைகளிலிருந்து முளைத்து ஓராண்டிற்குள்ளோ ஒரு பருவத்திற்குள்ளோ அழிந்து விடும். பொதுவாக இவை 3-6 மாதமே வாழ்கின்றன. இவ்வகைத் தாவரங்கள் எளிதாக வளரக் கூடியவை. அவை பலவகை அமைப்பில் வளர் திறனும், நிறமும், அழகான பூக்களும் கொண்டவை. தொட்டியிலோ பூந்தோட்டங்களிலோ இவற்றை எளிதாக வளர்க்க லாம். பிற தாவரங்களின் உதவியில்லாமல் விதை போட்டதும் முளைத்து அழகாக மலர்கின்றன. பல பருவத் தாவரங்களிடையே உருவாகிச் சில காலத்தில் மலர்ந்து பின் அழிந்து விடுகின்றன.

பெரும்பாலும் ஒரு பருவச் செடிகள் எந்தக் காலத்திலும், எந்தச் சூழ்நிலையிலும் வளருகின்றன. பூந்தோட்டாத்தின் ஓரத்திலும் நடைபாதை ஓரத்திலும் இவை வளர்க்கப்படுகின்றன. எ.கா. எஜி ரேட்டம், கேண்டிடஃப்ட், லோபிலியா, ப்ஃளாக்ஸ், டோரேனியா, மேரிகோல்டு, அலிசம், காசித்தும்பை முதலியவை. தொங்கும் தொட்டிகளிலேயே வளர்க்கப் படுகின்ற .தாவரங்களான அலிசம், டோரேனியா நாஸ்டர்டியம், வெர்பினா முதலியவை மிகு பய னுடையவை.

கொடிகளான ஒரு பருவச் செடிகளில் கோபியா, கன்வால்வுலஸ், நாஸ்டர்டியம், மைனர்லோபேட்டா என்பன மிகு அழகூட்டுபவை. இவற்றுடன் ஆஸ்டர்ஸ் ப்ளோக்ஸ் பின்க்-சால்வியா ஜின்னியா (zinnia) வெர்பினா ஆகியவையும் குறிப்பிடத்தக்கவை. உயர மாக வளரும் ஒரு பருவச் செடிகளான சூரியகாந்தி ட்டித்தோனியா என்பன மிகஅழகூட்டுகின்றன.கோச் சியா மிகுதியான இலைகளுடன் சிறு குப்பரசஸ் தாவரத்தைப் போன்று இருக்கும்.

ஒரு பருவச் செடிகள் தொட்டிகளைவிடப் தரை யில் அழகாக இயற்கையாக வளரக்கூடியவை. சில ஒருபருவச் செடிகள் குறிப்பிட்ட பருவங்களில் நன்கு வளரக்கூடியவை. சில தாவரங்கள் நடுநிலைத் தட்ப வெப்பமுடைய மலைப் பகுதிகளில் வளரும். ஒரு பருவச் செடிகளை வளர்க்க வெப்பமும், மழை யளவும் தேவை. மிகுதியாக மழை பொழியும் இடங் களில் இவ்வகைத் தாவரங்களை வளர்ப்பது ஏற்ற தன்று. சிறிது மழையும், சிறிது ஒளியும் இருந்தால் இவை நன்கு வளரும். எனவே ஒரு பருவச் செடிகளை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

மழைக்கால ஒரு பருவச் செடிகள் ஏப்ரல் - மே வரையிலும், குளிர்கால ஒரு பருவச் செடிகள் செப்டம்பர் - அக்டோபர் வரையிலும் கோடைக்கால ஒரு பருவச்செடிகள் மார்ச் - மே வரையிலும் வளர் கின்றன.

பாத்தி அமைத்து வேண்டிய அளவு நெருக்கத்தில் இவ்வகைத் தாவரங்களின் விதையைத் தெளிக்க வேண்டும். சில ஒரு பருவச் செடிகளான காலெண்டுவா, ஜிப்சோபிலா, பாப்பி, லார்க்ஸ்பீர் ஆகியவற்றைப் பிடுங்கி வேரிடத்தில் நட முடியாது.

ஒரு பருவச் செடிகளை வளர்க்க, கீழ்க் காணும் முக்கிய காரணங்களைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். இடைவெளியிட்டு விதைகளைத் தெளிக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் வேர் அழுகல் நோய் தோன்ற வாயுப்புண்டு. நெரிசலில் தாவரங்கள் வளர்ந்தால் அவற்றைப்பிடுங்கி வேரிடத்திலோ தொட்டியிலோ நட வேண்டும். உரங்களை நீரில் கலந்து தெளித்தும் காய்ந்த, பூ, இலைகளை எடுத்தும் வந்தால் இவை பொலிவுடன் விளங்கும்.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒருபால் நிலை

பூக்களில் ஆண் பால் உறுப்பாகிய மகரந்தத் தாள் களிலுள்ள மகரந்தம் பெண்பால் உறுப்பாகிய சூலகத் தின் சூலக மூடியை அடையும் நிகழ்ச்சிக்கு மகரந்தச் சேர்க்கை (pollination) என்று பெயர்.

ஒரு பூவின் மகரந்தம் அதே பூவின் சூலக மூடியை அடைவதற்குத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை என்று பெயர். இதனால் நிகழும் கருவுறுதல் நிகழ்ச்சி தன்னினக் கலப்பு (autogamy) எனப்படும்.

ஒரு பூவின் மகரந்தம் அதே சிற்றினத்தின் மற் றொரு பூவின் சூலக மூடியை அடைவதை அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை என்பர். இந்நிகழ்ச்சியால் நிகழும் கருவுறுதலுக்கு அயலினக் கலப்பு (allogamy) என்று பெயர். அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை ஒரே தாவரத்தின் இரு பூக்களிடையே நிகழுமானால் அதற்கு ஜீட்டி னோகேமி (geitonogamy) எனப்பெயர். ஒரு சிற்றினத் தின் வெவ்வேறு செடிகளிலுள்ள பூக்களிடையே நிகழு மானால் அது சீனோகேமி (xenogamy) எனப்படும். இது வெவ்வேறு சிற்றினத்தின் இரு பூக்களிடையே நிகழுமானால் அதற்கு கலப்பினமாதல் (hybridis- ation) என்று பெயர். ஒருபால் பூக்களிலும், பல இருபால் பூக்களிலும் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கையே நிகழ்கிறது. இதற்காகப் பூக்களில் இயற்கையாகச் சில முறைகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒன்று ஒரு பால் நிலையாளும் (dicliny) முறை எனப்படும்.

ஒரு சிற்றினம் ஈரில்ல (dioecious) வகையாக இருக்கும்போது அயல் மகரந்தச்சேர்க்கைதான் நிகழும். இதையே ஒருபால் நிலை என்பர். இவ்வகை ஒரு பால் நிலையைப் பூக்கும் தாவரக் குடும்பங்க ளான பூசணிக் குடும்பம், ஆமணக்குக் குடும்பம்,

தென்னைக்குடும்பம், ஏரேசி, அர்டிகேசி கேன்னபை னேசி ஆகியவற்றில் காணக் கூடும்.

பூசணிக்குடும்பத்தில் ஒருபால்நிலை

குக்கர்பிட்டா. பூக்கள் மஞ்சள் நிறமுடன் பெரியன வாக இருக்கும்; பூக்களில் தேன் சுரக்கிறது. பூக்கள் தனித்து இலையின் கோணங்களில் காணப்படும். அல்லி ஐந்து கூரிய மடல்களை உடையது. பெண் பூ, வளர்ச்சி பெறும் சூலகத்தின் மீது அமர்ந்து எளிதில் தெரியுமாறு அமைந்திருக்கும். சூலகத்தண்டு மூன்று சூல் மூடிகளைக் கொண்டது. சூலிலைகள் மூன்று இணைந்தவை. சூலகத் தண்டடியைச் சுற்றிலும் வளையம் போன்ற பூந்தேன் சுரப்பி உள்ளது. மகரந்தத்தாள்கள் வளர்ச்சியற்ற அமைப்புகளாகத் தென்படலாம்.

ஆண் பூக்களில் ஐந்து மகரந்தத்தாள் கம்பிகளும் மகரந்தப் பைகளும் இணைந்து காணப்படும். பெண் பூக்களை விட ஆண்பூக்கள் மிகு எண்ணிக்கையுடன் காணப்படும். ஒரே பூவில் ஆணகமும் சூலகமும் காணப்படாமையாலும் மகரந்தத் தூள்கள் மிகப் பெரியவையாக, பிசுபிசுப்பாக உள்ளமையாலும் இம்மகரந்தத்தூள்களை எடுத்துச் செல்லப் பூச்சி களின் உதவி தேவைப்படும். ஆனால் காற்றுப் பயன் படாது.

ஸ்குவாஷ் பூக்களில் கையால் மகரந்தச் சேர்க்கை (hand pollination) நிகழ்த்துவது எந்த அளவிற்குப் பயனளிக்கிறதோ, அதே அளவிற்குத் தேனீக்களால் மகரந்தச் சேர்க்கை அடையும் இப்பூக்களும் பயன் அடைகின்றன. நீண்ட காம்புடைய ஆண் பூக்கள் இலைகளின் மட்டத்தில் இருக்கும். குட்டைக் காம் புடைய பெண் பூக்கள் இலைகளுக்கடியில் அமைந் திருக்கும். தேனீக்கள் தெளிவாகத் தெரியக்கூடிய ஆண் பூக்களையே முதலில் தேடிச் செல்ல விரும்பு கின்றன. அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழப்பத்து ஹெக்டேர் நிலப்பரப்பில் வளர்ந்து வரும் குகர்பிட் கொடிகளின் பூக்களுக்கு ஒன்று அல்லது இரண்டு தேனீக் கூட்டம் தேவைப்படும்.

ஆமணக்குக் குடும்பம். யூஃபோர்பியா (*Euphorbia Linn*) பேரின மஞ்சரி ஒரு தனி மலர் போன்று காட்சி யளிக்கும். இதுசிறப்புவகை மஞ்சரியான சையாத்தியம் வகையாகும். ஆண் பூக்களும், இவற்றின் நடுவே ஒரு பெண் பூவும் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வோர் ஆண் பூவும் ஒரே ஒரு மகரந்தத்தாளால் ஆனது. இந்தத் தாள் நேரடியாகப் பூக்காம்புடன் இணைந்திருக்கும். அனைத்துப் பூக்களைச் சுற்றியும் மஞ்சரி மடல் அல்லது இன்வலூகர் காணப்படும். இவ்வுறை 4-5 மடல்களைக் கொண்டது. இதற்கு வெளியில் காணப் படும் சுரப்பிகள் பூந்தேனைச் சுரக்கின்றன. இத்தேன் முழுதும் வெளிப்படையாகத் தெரியுமாறு இருக்கும்.

மஞ்சரியில் பெண் பூவின் சூலகம்தான் முதலில் பக்குவமடையும். இரண்டு அல்லது மூன்று மடல் களைக் கொண்ட சூலகமுடிகள் முதலில் மஞ்சரி உறையிலிருந்து வெளிவரும். சூலகமுடிகள் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும்போது அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை பூச்சிகளின் மூலம் நடைபெறுகின்றது. இம்முறை ரெசினஸ் ஃபில்லாந்தஸ் ஆகிய இனங்களி லும் நடைபெறுகின்றது,

தென்னைக் குடும்பம்

தென்னம்பூக்களில் கூட்டு மடல் மஞ்சரி (spadix) எனப்படும். மடல் மஞ்சரியில் எண்ணற்ற ஆண் பூக் களும் பொதுவாகச் சில பெண் பூக்கள் அவற்றின் அடிப்பகுதியிலும் சில சமயங்களில் ஒரு பெண் பூ மட்டுமே இருக்கும். பெண் பூவின் எண்ணிக்கை தட்பவெப்பம் சூழ்நிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத் தமையும் தென்னம்பூக்களில் நிகழும் மகரந்தச் சேர்க்கையைக் கோப்லேண்டு, மேனன், பண்டாலை ஒயிட்ஹெட் ஆகியோரின் ஆய்வுரைகளிலிருந்து அறியலாம்.

தென்னையில் ஒரு சமயத்தில் ஒரே ஒரு மஞ்சரி தான் மலரும். உயர்ந்து வளரும் மரங்களில் பெண் பூக்கள் மலர்வதற்கு முன்னரே ஆண் பூக்கள் மலரத் தொடங்குகின்றன. மஞ்சரித்தண்டு நுனியில் ஆண் பூக்கள் முதலில் மலரத்தொடங்கும். இப்பூ, பெண் பூக்களோ ஆண் பூக்களோ மலர்ந்து 3-6 நாள் சென்ற பின்னரே, மலர்வதால் ஒரு மஞ்சரியில் உள்ள இரண்டு ஒருபால் பூக்களிடையே மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறாது. பொதுவாக ஒரு தென்னையின் பூக்களில் மற்றொரு தென்னையின் பூக்களால் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழ்வதற்கு ஏற்ப அடுத்தடுத்த இம்மரங்களில் மஞ்சரிகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வகைப் பூக்கள் ஒருபால் நிலையான அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெற ஏற்றவையாக அமைகின்றன.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒரு மூலக்கூறு வினை

ஒரு வினை நிகழத் தேவைப்படும் மிகக் குறைந்த மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்களின் எண்ணிக்கையே அவ்வினையின் மூலக்கூறு எண் எனப்படும். ஒரு வினையின் மூலக்கூறு எண் ஒன்றாக இருப்பின் அது ஒற்றை மூலக்கூறு வினையாகும். எடுத்துக்காட்டாக,

$$A \longrightarrow B + C$$

ஒற்றை மூலக்கூறு வினையில் ஒரே ஒரு மூலக் கூறு மட்டும் வினை நிகழ்ச்சியில் பங்கேற்கிறது.

ஆகவேதான் இவ்வினையின் விதிமுறையை விளக்க மோதல் கொள்கையை நேராகப் பயன்படுத்த இயலாது. லிண்டமான், ஒரு புதிய கொள்கையை இவ் வினைக்கு வழிமுறையாகக் காட்டினார். மூலக்கூறு களின் மோதல்களால் நிகழும் கிளர்வு கொள்நிலைக் கும், பின்னால் நிகழும் வினைக்கும் இடையே இடை வேளை இருப்பது இக் கொள்கையின் அடிப்படை யாகும். இந்த இடைநேரத்தில்தான் ஆற்றல் மிகுதியும் கொண்ட மூலக்கூறுகள் தாம் பெற்ற மிகை ஆற்றலை இழக்கின்றன. இவ்வாறு ஆற்றலை இழந்தால் அவை வினை புரிவதில்லை.

இரு வினைப்படு மூலக்கூறுகளின் மோதலால் ஒரு கிளர்வுற்ற மூலக்கூற்றுக் குழுமம் அமைகிறது. இம் மூலக்கூறு பிறகு பிரிகையுற்று வினைப் பொருள் களைத் தருகிறது. இந்நிகழ்ச்சியின்போது கிளர் வுற்ற நிலைக்கும், வினை நிகழ்ச்சிக்குமிடையே இடைநேரம் அல்லது இடைவெளி ஏற்படுகிறது. கிளர்வுற்ற மூலக்கூறுகள் வினை புரிய நேரலாம் அல்லது செயலற்றுச் சிதையலாம்.

$$A + A \underset{\text{கிளர்வுநீக்கம்}}{\overset{\text{கிளர்வாக்கம்}}{\rightleftharpoons}} A^* + A$$

$$A^* \xrightarrow{\text{வினைநிகழ்ச்சி}} B + C$$

கிளர்வுற்ற இடைப்பொருளின் ஆக்கவீதம் அதன் சிதைவு வீதத்திற்குச் சமமாகும். இது நேர் நிலைக் கொள்கையாகும். இக்கொள்கையை இதில் ஈடு படுத்தும்போது ஆக்க வீதம் = சிதைவு வீதம் (அழி வின்மைவினை வீதம்)

$$k_1\,[A]^2 = k_2\,[A^*]\,[A] + k_3\,[A^*]$$

$$k_1\,[A]^2 = [k_2\,[A] + k_3]\,[A^*]$$

$$[A^*] = \frac{k_1[A]^2}{k_2[A]+k_3}$$

ஆகவே,

$$\text{வினை வீதம்} = k_3[A^*] = k_1[A]^2 - k_2[A^*]\,[A]$$

$$= k_1[A]^2 - k_2\,\frac{k_1\,[A]^2}{k_2\,[A] + k_3}\,[A]$$

$$= \frac{k_1k_2\,[A]^3 + k_1k_3[A]^2 - k_1k_2\,[A]^3}{k_2[A] + k_3}$$

$$= \frac{k_1k_3\,[A]^2}{k_2[A] + k_3}$$

$$= \frac{k_1\,[A]^2}{\frac{k_2[A]}{k_3} + 1}$$

அழுத்தக் குறைவின்போது, அடுத்தடுத்த மோதல் களுக்கிடையிலுள்ள இடைநேரம் மிகுதியாகிறது. ஆகவே, சிதைவு வீதம் வினை வீதத்துடன் ஒப்பிடும் போது மிகக் குறைவாக இருக்கிறது.

$$k_2 < k_3 < k_2/k_3$$

$$\text{வினைவீதம்} = \frac{k_1\,[A]^2}{\frac{k_2}{k_3}\,[A]+1} \simeq k_1\,[A]^2$$

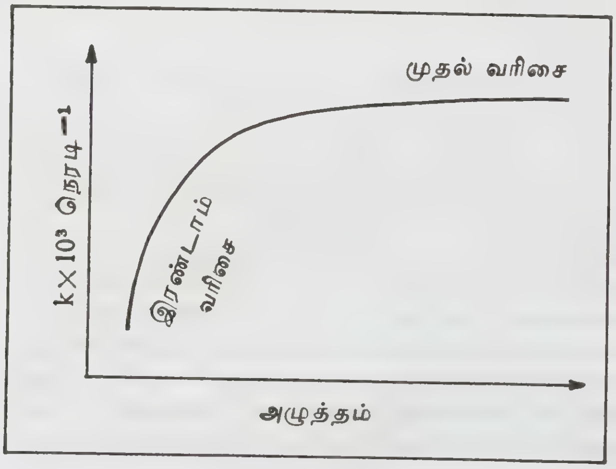
குறைந்த அழுத்தத்தில் ஒரு மூலக்கூறுவினை இரண் டாம் வரிசை வினையாகிறது. உயர் அழுத்தத்தில் அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கிடையேயுள்ள இடை வெளி நேரம் மிகக்குறைவாகும். ஆகவே அழிவின் வீதம் வினை வீதத்தைவிட மிகுதியாக உள்ளது. $k_2 > k_3$ அல்லது k_2/k_3 மிகுதியாக இருக்கும். அப்போது சமன்பாட்டில் k_2/k_3 [A] என்பதுடன் ஒப்பிடும்போது 1 என்பதை நீக்கிவிடலாம். எனவே,

$$\text{வினைவீதம்} = \frac{k_1[A]^2}{\frac{k_2}{k_3}\,[A]+1} \simeq \frac{k_1[A]^2}{\frac{k_2}{k_3}\,[A]} \simeq \frac{k_1k_3}{k_2}[A]$$

உயர் அழுத்தத்தில் ஒற்றை மூலக்கூறு வினை முதல் வரிசை வினையாகிறது. அஸோமீத்தேன் பிரிகை

$$(CH_3)_2\,N_2 \rightarrow C_2H_6 + N_2$$

விளைவின் வேக மாறிலியை அழுத்தத்திற்கு எதி ராகக் குறிக்கும்போது கிடைக்கும் வரைபடத்தி லிருந்து இந்த வினை குறைந்த அழுத்தத்தில் இரண்டாம் வரிசை வினையாகவும், உயர் அழுத்தத் தில் முதல் வரிசை வினையாகவும் செயல்படுகிறது. இடைப்பட்ட அழுத்தங்களில் அது பின்ன வரிசை



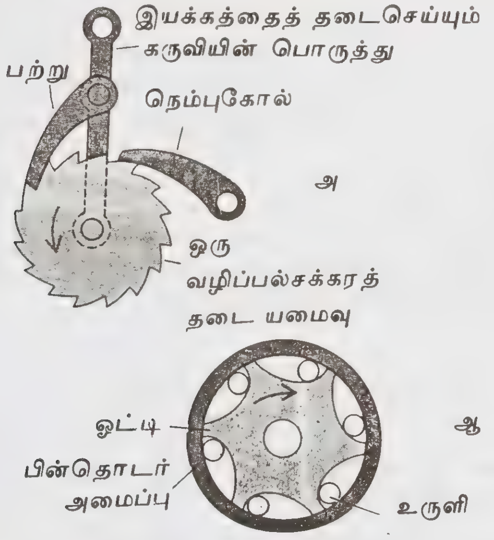
வினையாவதையும் தெரிவிக்கிறது. ஒற்றை மூலக் கூறு வினைக்கு மற்றொரு முக்கிய எடுத்துக்காட்டு வளைய புரோப்பேன் வினையுற்றுப் புரோப்பிலீனாக மாற்றமுறுதலாகும்.

- ச. வேங்கடாசலம்.

நூலோதி. Samuel Glasstone, *Text Book of Physical Chemistry*, Macmillan India Ltd., New Delhi, Second Edition 1986. I

ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு

ஒரு பற்று (catch), இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் நெம்புகோல் (pawl) ஆகியவற்றைக் கொண்டு, ஒரு திசையில் மட்டுமே சுற்றக்கூடிய பற்களோடு அமைந்த சக்கரம், ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு (ratchet) எனப்படும். பளுவை மேலே தூக்கும் எந்திரம் போன்றவற்றில் இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் நெம்புகோலுடன் அமைந்த ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு, அவ்வெந்திரங்கள் கீழே நழுவி விழாமல் ஓரிடத்திலேயே நிலையாக இருக்கச் செய்கிறது. இத்தகைய விசையைத் தடுக்கும் அமைப்பு துளையிடும் இடுக்கிகளில் (drill brace) இருப்பதைப் போன்று தேவையான திசையில் சுழற்சியைப் பெறவும், தேவையற்ற திசையில் தொடர்பைத் துண்டிக்கவும் உதவுகிறது.



(அ) பற்கள் அமைந்த ஒருவழிப்பல்சக்கரத் தடையமைவு
(ஆ) உருளும் ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு

விட்டு விட்டு ஏற்படும் வட்ட இயக்கம், ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவில் பற்று முன் பின்னாக இயங்குவதன் மூலம் நடைபெறுகிறது. ஒரே மையத்தைப் பெற்றிராத (eccentrically) தட்டுகள் பண் தாங்கிகள் போன்ற பல வடிவங்களில் பற்றுகளும் இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் நெம்புகோல்களும் காணப்படுகின்றன. இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் நெம்புகோல் ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவைப் பிடித்துக்கொள்ளப் புவியீர்ப்பு, சுருள்வில், மைய விலக்கு விசை போன்றவை உதவுகின்றன.

ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தகையமைவும், இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் நெம்புகோலும் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் செயலை நிறுத்தப் பயன்படுகின்றன. ஆனால், கடிகாரங்களில் உள்ள நழுவி (escapement) இயக்கத்தை நிறுத்திய பிறகு மீண்டும் அவ்வியக்கத்தைத் தானாகத் திரும்பப் பெறும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உயர்வேக எந்திரங்களில், ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவின் கடினமான செயல்களால் கடும் அதிர்வுகள் உண்டாகின்றன. இச்சமயங்களில் உருளிகளோ (rollers) சிறப்பாக வடிவமைக்கப்பட்ட சுழற்சித் தடுப்புக் கம்பிகளோ (sprags) தொடர்ந்து மாறக்கூடிய நுட்பமான திசைச் செயல்களைப் பெறும் பொருட்டு, உள்தரு பகுதிக்கும் (input member) வெளியீட்டுப் பகுதிக்கும் (output member) இடையே ஆப்பு இணைப்பு (wedging) முறையில் இணைக்கப்படுகின்றன.

-வா. அனுசுயா

ஒலி

அதிர்வுறும் பொருள்களிலிருந்து ஊடகங்கள் வழியே பரவும் அலைப் பண்புடைய ஆற்றலே ஒலி எனப் படுகிறது.

ஒலி அதிர்வுகள் ஓர் ஊடகத்தில் தோற்றுவிக்கப் பட்டால் அவ்வூடகமும் அதிர்வுறுகிறது. ஆகவே அவ்வூடகத்தின் வழியே ஒலியாற்றல் பரவுகிறது. ஒலி பரவும் திசைவேகம் ஊடகத்திற்கு ஊடகம் வேறுபடுகிறது. வெற்றிடத்தில் அதிர்வுறும் ஊடகம் எதுவுமில்லாததால் வெற்றிடத்தின் வழியே ஒலி பரவாது.

சாதாரணமாக ஒருவர் தம் செவியால் 20-16000 ஹெர்ட்ஸ் வரையுள்ள ஒலி அதிர்வுகளை உணர இயலும். ஆகவே இந்த அதிர்வெண் நெடுக்கத்தின் எல்லைகளாகிய 20 ஹெர்ட்ஸும் 16000 ஹெர்ட்ஸும் கேள் எல்லைகள் அல்லது செவியுறு எல்லைகள் எனப்படும்.

16000 ஹெர்ட்ஸுக்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிகளைக் கேளாப்புற ஒலிகள் (ultrasonics) எனவும் 20 ஹெர்ட்ஸுக்குக் குறைவான அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிகளைக் கேளா அக ஒலிகள் (infrasonics) எனவும் கூறுவர். இவ்விருவகை

ஒலிகளையும் பொதுவாகக் கேளா ஒலிகள் அல்லது செவியுணரா ஒலிகள் எனலாம்.

ஒலிகளைக் கண்டுணர ஒலி ஏற்பிகள் பயன் படுகின்றன. காற்றிலோ வளிமங்களிலோ பரவும் ஒலி அலைகளை மின் அலைகளாக மாற்றப் பயன்படும் நுட்ப ஒலி ஏற்பி (microphone) நீருக்குள் இப்பணி யைச் செய்யவல்ல நீர் ஊடக ஒலிஏற்பி (hydrophone) போன்றவையும், செவிகளும் ஒலி ஏற்பிகளாகும்.

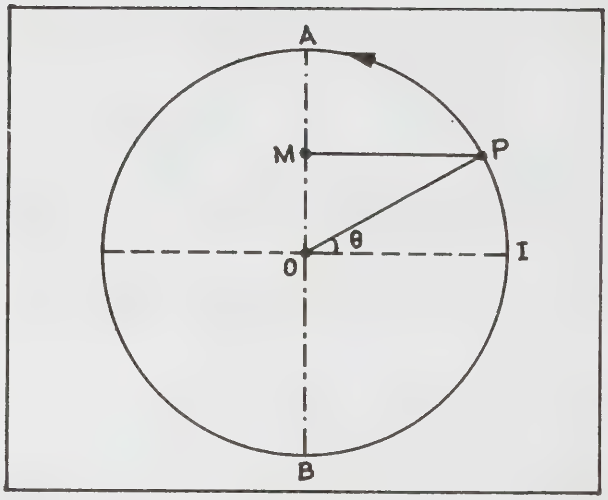
ஒரு பொருள் அலைவுறுவதால் ஊடகத்தில் தொடர்ந்து தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவுகள் காரண மாக ஊடகத்தில் அலையியக்கம் ஏற்படுகிறது. அலையியக்கத்தின் அதிர்வெண், திசைவேகம், செறிவு (intensity) முதலிய அலைப் பண்புகளை அளத்தல் ஒலியியல் அளவீடு (acoustic measurement) எனப் படும்.

பல பொருள்கள் அதிரும்போது ஊடகத்தில் பல அதிர்வெண்களுடைய அலைவுகள் தோற்று விக்கப்படுகின்றன. இக்கூட்டு அதிர்வுகள் (complex vibrations) விரும்பத்தக்க இசை ஒலிகளாகவோ வெறுப்பூட்டும் இரைச்சலாகவோ அமைகின்றன.

பேச்சு, இசை, ஓசை ஆகிய நிகழ்வுகளிலும், புவியியல் ஆய்வு, ஆழ்கடல் ஆய்வு, தொழில்துறை, மருத்துவம், இசையரங்கம், திரையரங்கம், வானொலிப்பரப்பு அறை போன்ற கட்டட அமைப் புகளிலும் ஓசைக் கட்டுப்பாடு போன்றவற்றிலும், மேலும் பல அறிவியல் ஆய்வுகளிலும் ஒலியியல் பயன்படுகிறது.

ஒலியின் தோற்றம், ஒலி ஏற்படும்போது அதனை விளைவிக்கும் ஒலி மூலம் அதிர்வு நிலையில் இருக்கும். சான்றாக காற்றில் ஓர் உலோகத் தகடு அதிரும் போது அதன் பரப்பை ஒட்டியுள்ள காற்று மூலக் கூறுகள் மாறி மாறி நெருக்கப்பட்டும் விலக்கப்பட்டும் இயக்கத்திற்குட்படுத்தப்படும். இவ்வகை நெருக்க மும் விலக்கமும் தொடர்ச்சியாக ஏற்படுத்தப்படும் போது ஒலி அலைகளாகக் காற்றில் பரப்பப்படு கின்றன. இங்கு இத்தகைய அலைகள் ஏற்படக் காரணம் ஊடகமாகிய காற்றில், தகட்டினால் தக்கவாறு ஏற்படுத்தப்பட்ட அடர்த்தி மாற்றமே யாகும். இவ்வகையான அடர்த்தி மாற்றத்தை மீள் தன்மையுள்ள பிற திண்ம, நீர்ம வளிமப் பொருள் களிலும் ஏற்படுத்தி ஒலியை விளைவிக்கலாம். ஒலியை ஏற்படுத்தும் ஒலி மூலங்களை எந்திரவிய லாகவோ, வெப்பவியல் முறையிலோ, மின்னியல் காந்தவியல் பண்புகளைக் கொண்டோ அதிரச் செய்யலாம்.

சீரியல்பியக்கம். படம் 1 இல் P எனும் துகள் சீரான வேகத்துடன் வட்டப் பாதையில் சுற்றி வருவ தாகக் கொள்வோம். இத்துகளிலிருந்து விட்டம்



படம் 1.

ABக்கு ஒரு செங்குத்துக்கோடு வரைய, அக்கோட்டின் அடிப்புள்ளி M ஆகும். துகள் வட்டப்பாதையில் சீராக இயங்கும்போது புள்ளி M விட்டம் ABயில் Aக்கும் Bக்கும் இடையே முன்பின்னாக இயங்கும். M இன் இயக்கம் சீரியல்பியக்கம் (simple harmonic motion) எனப்படும். துகள் P நிலை I இல் இருக்கும் போது M வட்டமையம் Oவுடன் ஒன்றியிருக்கும். துகள் நகரும்போது MO விலிருந்து இடம் பெயர் கிறது. படத்தில் OI க்கும் OPக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் θ எனவும் OP இக் கோணத்தை ஏற்படுத்த ஆகும் நேரம் t எனவும் கொண்டால் P அல்லது M இன் கோணத் திசைவேகம் (angular velocity) $\omega = \frac{\theta}{t}$; $\theta = \omega t$. Oஇலிருந்து Mஇன் இடப்பெயர்ச்சி y எனில், $y = OP \sin\theta$. M அடையும் பெரும இடப் பெயர்ச்சி அல்லது Mஇன் வீச்சு $= OP$; $OP = a$ என்க. ஃ$y = a \sin\theta$ அல்லது $y = a \sin\omega t$. இச்சமன்பாடு பொதுவாக சீரியல்பியக்கத்தைக் குறிக்கும். இவ்வகை இயக்கமடையும் எப்பொருளுக்கும்,

திசை வேகம் $v = \frac{dy}{dt} = a\,\omega \cos\,\omega t$

முடுக்கம் $\frac{dv}{dt} = d^2y/dt^2 = -a\,\omega^2 \sin\omega t$

$$= -\omega^2 y$$

ஆகவே, $\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = O$

M, A-இலிருந்து B க்குச் சென்று திரும்பி A ஐ வந்த டைந்தால் ஓர் அலைவு முழுமையடைகிறது. இதற்கு

ஆகும் நேரம் M இன் அலைவு நேரம் T எனப்படும். 1/T=f, M இன் அதிர்வெண் ஆகும். மேலும் P ஒரு முறை வட்டப்பாதையில் சுற்றிவர T நேரம் ஆகும். ஆதலால் இந்த நேரத்தில் P கடக்கும் கோணம் $= 2\pi$ ஆகவே, P அல்லது M இன் கோணத் திசைவேகம் $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ஆகும். இவ்வாறாக, $y = a \sin \frac{2\pi}{T} t$ ஆகிறது.

M இன் அலைவு போன்று A க்கும் B க்கும் இடையே முன்பின் இயக்கம் உள்ள ஒரு பொருளின் நிறை m எனில் அதன் ஆற்றலைப் பின்வருமாறு அறியலாம்.

அலைவுறும்போது பொருளின் இயக்க ஆற்றல் A அல்லது B இல் (திசைவேகம் சுழியாதலால்) சுழியாகவும், O இல் பெருமமாகவும் அமையும். ஆனால் அதன் நிலையாற்றல் O வில் சுழியாகவும் A அல்லது B இல் பெருமமாகவும் இருக்கும். ஆகவே, இவ்வியக்கத்தில் நிலையாற்றல் குறையும்போது இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது. அல்லது, பொருளின் பெரும நிலையாற்றல் அதன் பெரும இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாகிறது.

திசைவேகம் V இன் பெரும மதிப்பை, V எனக் குறிக்க, $V=a\omega$ ஆகும். எனவே, சீரியல்பியக்கமுடைய பொருளின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} m (a\omega)^2 = 2\pi^2 ma^2 f^2$. எனவே, அதிர்வுறும் பொருளின் ஆற்றல் அதன் அதிர்வெண்ணின் இருமடிக்கும் வீச்சின் இருமடிக்கும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. $y = a \sin \omega t$ எனும் சமன்பாட்டின்படி M அடையும் இடப்பெயர்ச்சி காலத்தால் மாறுவதைப் படம் 2 இல் உள்ள வரைகோடு குறிக்கிறது. பொருள்களின் அதிர்வுகள் அல்லது அலைவுகள் பெரும்பாலும் சீரியல்பியக்கமாகவோ ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சீரியல்பியக்கங்களின் தொகுப்பாகவோ உள்ளன.

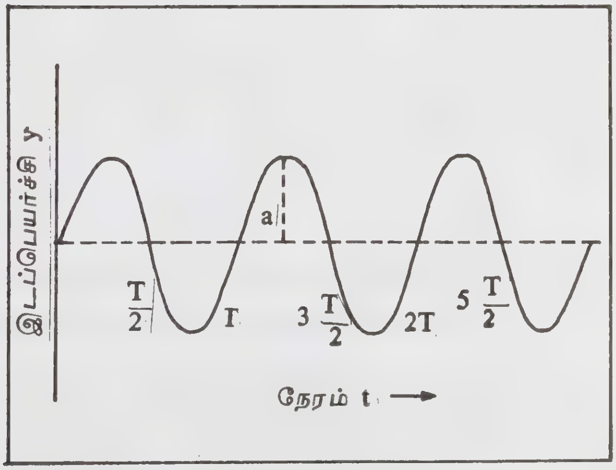
தடையுறு இயக்கம். மேலே குறிப்பிட்ட $\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0$ எனும் சமன்பாட்டின்படி இயங்கும் ஒரு பொருள் தனது இயக்கத்தில் எவ்வித மாற்றமும் இன்றி இயங்கிக் கொண்டே இருக்க வேண்டும். ஆனால், அதிரும் பொருள்களுக்கு அவற்றின் அமைப்புக் காரணமாகவும் சுற்றிலும் உள்ள ஊடகம் காரணமாகவும் இயக்கத் தடை ஏற்படுகிறது. இதனால் தொடர்ந்து வீச்சுக் குறைந்து இறுதியில் அதிர்வற்ற நிலை ஏற்படும். பொருள்களின் அதிர்வுக்குத் தடையேற்படக் காரணமானவற்றுள் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கது, ஊடகம் பொருளின் இயக்கத்திற்கு எதிராகத் தரும் உராய்வு விசையேயாகும். இவ்விசை, அதிர்வுறும் பொருளின் திசைவேகம் dy/dt க்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. இவ்விசையை $-R \frac{dy}{dt}$ (R விகித மாறிலி) எனக் குறித்தால், அதிர்வுறும் பொருளின் தடையுறு இயக்கத்தை,

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{R}{m} \frac{dy}{dt} + \omega^2 y = 0$$

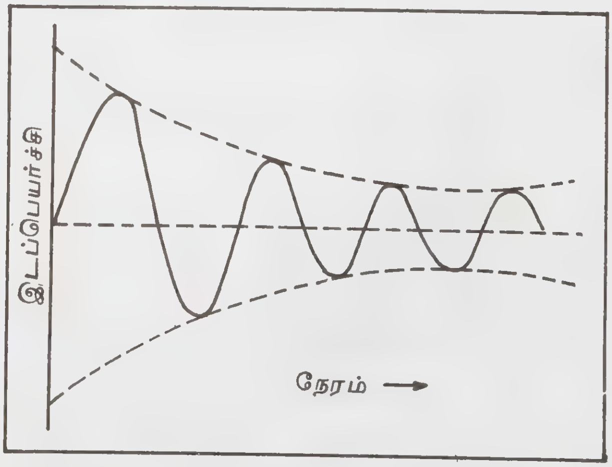
எனும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம். இதில் விகித மாறிலி R தடை எண் (damping factor) எனப்படும். $\omega^2 > \frac{R^2}{4m^2}$ எனும் நிலையில், மேற்காணும் வகைகெழுச் சமன்பாட்டின் ஒரு தீர்வு,

$$y = A e^{\frac{-Rt}{2m}} (\cos \omega t + \alpha)$$ ஆகும்.

இங்கு A தொடக்க வீச்சையும், α அலைவின் தொடக்கக் கட்டத்தையும் (initial phase) குறிப்பன.



படம் 2



படம் 3

இவ்வகை அலைவின் வீச்சு $Ae^{-Rt/2m}$ இந்தக் கோவை (expression) தடையுறு அதிர்வின் வீச்சு அடுக்குக் குறியாகக் (exponentially) குறைவதைக் காட்டுகிறது. தடையுறு அலைவியக்கத்தைப் படம் 3 இல் உள்ள வரைகோடு குறிக்கிறது.

திணிப்பு அதிர்வுகள். ஒலியின் விளைவாக்கத்திற்கு, ஒலி மூலத்திலிருந்து ஏற்படும் அலைவுகளின் வீச்சுக் குறையாதவாறு நிலைநிறுத்தப்பட வேண்டும். அதிர்வுறும் பொருள் மீது அலைவுறு புறவிசை (oscillating external force) ஒன்றைச் செயற்படுத்தினால் அதன் வீச்சை நிலைப்படுத்தலாம். இவ்வாறு ஒரு புறவிசை திணிக்கப்பட்டு ஏற்படுத்தப்படும் அதிர்வுகள் திணிப்பு அதிர்வுகள் (forced vibrations) எனப்படுகின்றன.

செயல்படும் சைன் வளைகோட்டுப் புறவிசையை (sinusoidal external force) F Sin pt என்க. இங்கு F விசையின் பெரும மதிப்பையும் $\frac{p}{2\pi}$ அதன் அதிர்வு எண்ணையும் குறிக்கும். இவ்வாறாக,

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{R}{m}\frac{dy}{dt} + \omega^2 y = \frac{F}{m}\,\text{Sin pt}$$

எனும் சமன்பாடு திணிப்பு அதிர்வுகளைக் குறிக்கும்.

திணிப்பு அதிர்வுகளுக்குச் சான்றாக ஆட்டப்படும் ஊஞ்சலின் அலைவுகளைக் குறிப்பிடலாம். ஆடும் ஊஞ்சல் வீச்சுக் குறைந்து நின்று விடாதிருக்க வேண்டுமானால் அதை ஒருவர் ஒவ்வொரு முறையும் தம் அருகில் வரும்போது விசையுடன் தள்ளி அதன் அலைவை வீச்சுக் குறையாத திணிப்பு அலைவாக்கலாம். இவ்வாறே ஒலி மூலத்தின் அதிர்வுகளை நிலை நிறுத்துதலும் கூடும். மேலே குறிப்பிட்ட திணிப்பு அதிர்வுச் சமன்பாட்டின்

$$y = \frac{F\ \text{Sin}\ (Pt-\phi)}{m\sqrt{(\omega^2-p^2)^2 + 4k^2p^2}}$$ ஆகும்.

இதில்

$$k = \frac{R}{2m}\ ;\ \phi = \tan^{-1}\left(\frac{2kp}{\omega^2-p^2}\right)$$

தீர்வு, இத்தீர்வின்படி திணிப்பு அதிர்வின் வீச்சு $F/m\ \sqrt{(\omega^2-p^2) + 4k^2p^2}$ ஆகிறது. இவ்வீச்சு விசை-நிறைத்தகவாகிய F/m ஐயும் அதிர்வெண்களின் இருமடி வேறுபாடு $(\omega^2-p^2)/4\pi^2$ ஐயும் சார்ந்துள்ளது. $\omega^2 = p^2$ எனில் வீச்சுப்பெருமம் ஆகும். $\omega^2 = p^2$ அல்லது $\frac{\omega}{2\pi} = \frac{p}{2\pi}$ எனும் நிலையில், அதாவது அதிரும் பொருளின் அதிர்வெண்ணும், அதிர்வுறுத்தும் விசையின் அதிர்வெண்ணும் ஒன்றும்போது, ஒத்ததிர்வு (resonance) நிகழ்கிறது.

அதிர்வுறுத்து விசையின் (driving force) கன மதிப்பை (instantaneous value)அதிரும் பொருளின் திசைவேகத்தால் பெருக்கக்கிடைக்கும் பெருக்குத் தொகை அதிரும் பொருளுக்குத் தரப்பட்ட திறனின் (power) கண மதிப்பாகும். இத்திறனை W_i எனக் கொள்ள, ஒரு முழு அலைவின்போது நிகழ்ந்த மொத்தப் பணிக்கும், அலைவுநேரத்திற்கும் உள்ள தகவு $W = \frac{1}{T}\int_0^T w_i dt$ பொருளுக்குத் தரப்பட்ட சராசரித் திறன் ஆகும்.

இதன் மதிப்பு,

$$W = \frac{F^2R}{2[R^2+(mp-m\omega)^2]}$$

எனக் கணக்கீட்டின் மூலம் நிறுவலாம். அதிரும் பொருளுக்குப் புறவிசையால் தரப்படும் சராசரித் திறன் அதில் தங்கிவிடாமல் ஊடகத்தின் உராய்வு விசை $R\frac{dy}{dt}$ க்கு எதிராகப் பணிபுரிந்து பொருளை இயக்கப் பயன்படுகிறது.

தடையுறு அதிர்வுடைய ஒரு பொருளின் மீது திணிக்கப்பட்ட ஓர் அலைவு விசை (periodic force) செயல்படும்போது, பொருளின் தடையுறு அதிர்வின் வீச்சுக்குறைந்து சுழியான பின்னர், அப்பொருள் அலைவு விசையின் அதிர் வெண்ணுடன் மட்டுமே அதிர்வுறுகிறது.

ஒலி மூலங்கள்

நடைமுறையில் நாம் காணும் ஒலிமூல இழைகள், சவ்வுகள், தகடுகள், தண்டுகள் போன்ற பல துகள்களாலாகிய தொகுப்புக்களாக உள்ளன.

இழைகள். இழைகள் (அல்லது கம்பிகள்) அதிரும்போது X திசையில் இழையில் செயல்படும் இழுவிசை (tension) T எனவும், இழையின் அலகு நீள நிறை (mass per unit length) m எனவும், அலை X திசையில் பரவும் எனக் கொண்டு, X திசைக்குச் செங்குத்தாக ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சியை y எனவும் குறிக்க, அதிர்வுக்கான சமன்பாடு,

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{T}{m}\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$ ஆகும்.

இழையில் நீளவாக்கில் அலைபரவும் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$ ஆகும். அதிரும் இழையிலிருந்து பெறப்படும் ஒலியாற்றல், இழையின் சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள குழிவுகள் (cavities), தடுப்புகள் (baffles) ஆகியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும். இழைகளை மீட்டியோ, தட்டியோ, வில்லால் இழைத்தோ ஒலியை உண்டாக்கலாம். இழையை அதிர்விக்கும்

போது, அதன் அடிப்படை அதிர்வெண்ணுடன் அதன் மடங்கு அதிர்வெண்களைக் கொண்ட மடங்குச் சுரங்களையும் (harmonics) ஏற்படுமாறு செய்யலாம்.

சவ்வுகள். வட்ட வடிவச் சவ்வுகள் அதிர்வடையும் போது அதிகச் செறிவுள்ள ஒலி விளைவிக்கப்படுகிறது. முழு மீள் தன்மையுள்ள ஒரு சவ்வின் பரப்பு இழுவிசை s எனவும், அதன் அலகு பரப்பு நிறை (mass per unit area) ρ எனவும், சவ்வு XY தளத்தில் அமைந்து அதன் அதிர்வு இடப்பெயர்ச்சி இத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது எனவும் கொள்ள, அதன் அதிர்வுகளை,

$\frac{\partial y^2}{\partial t^2} = \frac{s}{\rho} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 y}{\partial Y^2}$ எனும்சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம். அலையின் திசைவேகம் $v = \sqrt{s/\rho}$ ஆகும்

r ஆரமுள்ள வட்டச்சவ்வின் அடிப்படை அதிர்வெண் அல்லது முதல் மடங்குச்சுரம் $f = 0.77 v/2r$ மதிப்புடையதாகும். சவ்வுகள் அதிரும்போது அடிப்படைச் சுரமும் மேற்சுரங்களும் விளைகின்றன.

தண்டுகள். X திசையில் அமைந்து, q யங் குணகம் d அடர்த்தியுடைய தண்டில் நீளவாக்கில் ஓர் இடப்பெயர்ச்சி (y) ஏற்படுத்தப்பட்டால் இதன் காரணமாக அத்தண்டில் ஏற்படும் நெட்டலைகள் (longitudinal waves) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{q}{d} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ எனும் சமன்பாட்டாலும் அலைகளின் திசைவேகம்

$v = \sqrt{\frac{q}{d}}$ எனும் கோவையாலும் பெறப்படும்.

ஒரு தண்டில் ஏற்படும் ஒலியின் அதிர்வெண் அத்தண்டு இறுகப் பற்றப்படும் நிலையைச் சார்ந்ததாகும். தண்டுகளில் நெட்டலைகள் தவிர, வளைவு அலைவுகள்(flexural vibrations) முறுக்கலைவுகள் (torsional vibrations) காரணமாகவும் ஒலிவிளையும்.

தகடுகள். சவ்வுகளைவிட அதிக விறைப்புள்ள தகடுகள் மென்தகடுகள் போன்றவற்றில் சவ்வுகளில் பரவுவதை விட அதிகத் திசைவேகத்துடன் ஒலி பரவுகிறது. ஒலியை விளைவிக்கும் எந்த ஓர் ஒலி மூலமும் ஊடகத்தில் ஒலியாற்றலை வீசுகிறது (radiates).

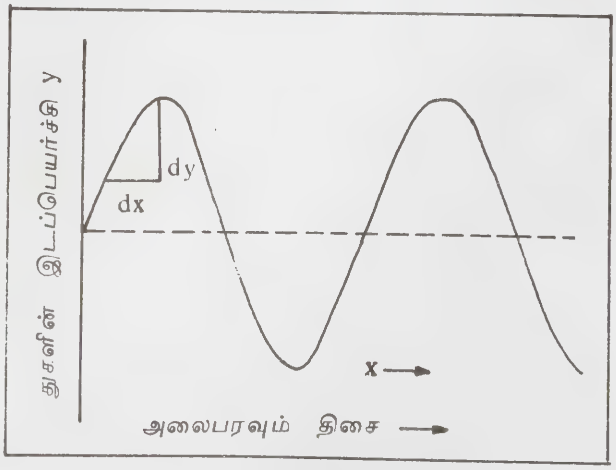
பிற ஒலி மூலங்கள். நடைமுறையில் தேவை காரணமாக நாம் பயன்படுத்தும் சில ஒலி மூலங்கள் குரல், சங்கு, ஊதல், இசைக்கருவிகள், ஒலி பெருக்கி போன்றவையாகும்.

ஓடையின் சலசலப்பும், இடிமுழக்கமும், மழைத் துளிகள் விழும் ஒலியும், கம்பிகள் அல்லது மரங்கள் வழியே காற்று வீசும்போது ஏற்படும் ஏயோலியன் ஒலிகளும் (aeolian tones) இயற்கை ஒலிகளுக்குச் சில சான்றுகளாகும்.

இவை தவிர நாம் விரும்பாமலும், அதேசமயம் தவிர்க்க இயலாமலும் ஏற்படுத்தும் ஒலிகளுக்குத் துப்பாக்கிகளின் வெடி ஒலி, எந்திரங்களின் ஓசை, உந்துகளின் இரைச்சல் ஆசியவை சில எடுத்துக் காட்டுகளாகும்.

ஒலியின் செலுத்தீடு *(sound transmission)*. ஒரு பொருள் ஓர் ஊடகத்தில் அதிர்வுறும்போது அதன் அதிர்வுகளை ஒத்த அதிர்வுகள் ஊடகத்திலும் விளைகின்றன. காட்டாக, ஓர் இசைக்கவை காற்றில் அதிரும்போது அதன் கிளையை ஒட்டியுள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் அடுத்தடுத்து நெருக்கப்பட்டும் விலக்கப்பட்டும் இறுக்கமும் தளர்ச்சியும் அடைகின்றன. இவ்வாறு ஏற்படும் இறுக்கமும் தளர்ச்சியும் ஊடகத்தில் தொடர்ச்சியாகச் செலுத்தப்படுகின்றன. அதிரும் பொருளின் இயக்கத் திசையும் ஒலி பரவும் திசையும் இணையாக இருப்பின் அலைகள் நெட்டலைகள் எனப்படும். பொருளின் அதிர்வுத் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் பரவும் அலைகள் குறுக்கலைகள் (transverse waves) எனப்படும். ஒளி, மின்காந்த ஆற்றல், வெப்பக் கதிர்வீச்சு ஆற்றல் ஆகியன ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குக் குறுக்கலைகளாகவே பரவுகின்றன. அதிர்வுறும் பொருள்களிலிருந்து ஊடகத்தின் வழியே பரவும் ஒலி அலைகள் நெட்டலைகளாகவே பரவுகின்றன.

துகளின் திசைவேகமும், அலையின் திசைவேகமும். ஓர் ஊடகத்தில் அலையியக்கம் ஏற்படும்போது, அலை பரவ உதவும் ஊடகத் துகள்களின் திசைவேகமும் அலை பரவும் திசைவேகமும் வேறுபட்டவை என்பதைப் படம் 4 இல் இருந்து அறியலாம்.



படம் 4.

துகளின் திசைவேகம்: $\frac{dy}{dt}$

அலையின் திசைவேகம்: dx/dt

இவ்விரு திசைவேகங்களின் தகவு $dy/dt \div dx/dt$

$= dy/dx. \frac{dy}{dx}$ வளைகோட்டின் சரிவு (slope). மேலும், அலையியக்கத்திற்கான வகைகெழுச் சமன்பாடு, $\frac{d^2y}{dt^2} = v^2 \frac{d^2y}{dx^2}$

இதில் v அலையின் திசைவேகமாகும்.

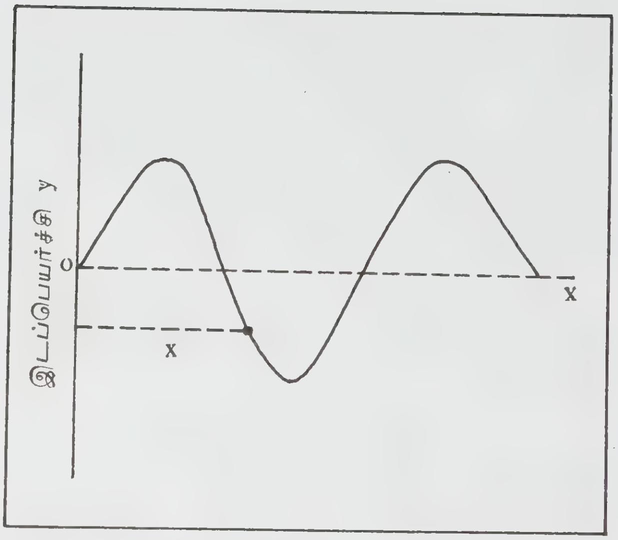
ஊடகம். ஒலி பரவுவதற்கு ஊடகத்தின் மீள் தன்மை மிகவும் முக்கியமானது. வளிமங்கள் அமுக்கத்தன்மை (compressibility) மட்டுமே உடையனவாதலால், அவற்றின் வழியே நெட்டலைகள் மட்டுமே பரவ இயலும். நீர்மங்களின் பரப்பு இழுவிசை காரணமாக அவற்றின் பரப்புக்களில் குற்றலைகளாகிய (ripples) குறுக்கலைகளையும், அவற்றினூடே நெட்டலைகளையும் பரவச் செய்யலாம். திண்மப் பொருள்கள் நீள்தன்மை (*tensitity*), விறைப்பு (*rigidity*), அமுக்கத்தன்மை ஆகிய பண்புகள் உடையனவாதலால், அவை குறுக்கலைகளையும் நெட்டலைகளையும் பரப்ப உதவும்.

அலை முகப்புகள். புள்ளி வடிவ ஒலி மூலத்திலிருந்து ஒரு படித்தான ஊடகம் வழியே பரவும் ஒலியாற்றல் எல்லாத் திசைகளிலும் பரவும். அப்போது அந்த ஒலி அலைகளின் அலைமுகப்பு (wave front) கோள வடிவுடையதாகும். ஆகவே இவ்வகை அலைகள் கோள அலைகள் எனப்படும். ஒலி மூலத்திலிருந்து மிகத் தொலைவில் பரவும் கோள அலையின் அலைமுகப்பைச் சமதள அலை முகப்பு எனவும் அந்த அலையைச் சமதள அலை எனவும் கொள்ளலாம்.

முன்னேறும் அலை. ஓர் ஊடகத்தின் முன்னேறும் அலை (progressive wave) ஊடகத்தின் துகள்களை அதிர்வுறச் செய்கிறது. X அச்சின் நேர்திசையில் (x) தொடக்கப் புள்ளி O விலிருந்து x தொலைவில் உள்ள ஒரு துகள் அடையும் இடப் பெயர்ச்சியை,

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x)$$

எனும் சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம். இங்கு λ அலை நீளத்தையும், v அலை பரவும் திசைவேகத்தையும், a துகளின் வீச்சையும், t, o இலிருந்து x தொலைவுக்கு அவை பரவ ஆகும் நேரத்தையும் குறிக்கும். இதுவே முன்னேறும் அலைக்கான சமன்பாடாகும். ஓர் அலை முன்னேறும்போது ஆற்றலைச் சுமந்து செல்கிறது. எந்த ஒரு கணத்திலும் அவ்வாற்றலின் ஒரு பகுதி நிலையாற்றலாகவும் மறுபகுதி இயக்க ஆற்றலாகவும் இருக்கும். எந்த ஒரு கணத்திலும் அலகு பருமனில் அமையும் ஆற்றல்,



படம் 5.

$$\frac{1}{2} \rho \frac{4\pi^2 v^2 a^2}{\lambda^2} \quad \text{ஆகும்.}$$

இங்கு ρ ஊடகத்தின் அடர்த்தியைக் குறிக்கிறது.

குறுக்கீட்டு விளைவு. ஒரே அதிர்வெண்ணும் ஒரே வீச்சும் உடைய இரண்டு ஒலியலைகள் ஒரே நேர் கோட்டில் பரவும்போது அவற்றிடையே குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படுகிறது.

விம்மல்கள் ஒரே வீச்சும், அதிர்வெண்களில் சில வேறுபாடும் உள்ள இருவேறு சீரியல்பு ஒலியலைகள் ஒரே திசையில் பரவினால் அவை ஒன்றோடொன்று பொருந்த ஒலிச்செறிவில் எழுச்சியும் வீழ்ச்சியும் (*waxing and waning*) அடுத்தடுத்து ஏற்படும். இந்நிகழ்ச்சி விம்மல் (beat) எனப்படுகிறது. n_1, n_2 அதிர்வெண்கள் உள்ள இரண்டு அலைகளால் 1 நொடியில் $n_1 \sim n_2$ விம்மல்கள் ஏற்படும். ஒரு நொடியில் ஏற்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை 10 அல்லது அதற்கும் குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே கேட்க இயலும்.

இணை ஒலிகள். அதிக வீச்சும், அதிர்வெண்ணில் சிறு வேறுபாடும் உள்ள இரண்டு ஒலி அலைகள் ஒரே திசையில் பரவிப் பொருந்தும் விளைவாக, (n_1-n_2), (n_1-2n_2), (n_1-3n_2),......... போன்ற அதிர்வெண்கள் உடைய வேறுபாட்டு ஒலிகளும் (differential tones), (n_1+n_2), (n_1+2n_2), (n_1+3n_2),.................. போன்ற அதிர்வெண்கள் உள்ள கூட்டு ஒலிகளும் (summational tones) ஏற்படும். இவற்றிற்கு இணை ஒலிகள் (combinational tones) எனப்பெயர்.

டாப்ளர் விளைவு. ஓரிடத்தில் உள்ள ஓர் ஒலி மூலத்திலிருந்து பரவும் ஒலியை மற்றோர் இடத்திலிருந்து ஒருவர் கேட்கும்போது அதன் அதிர்வெண் n

ஹெர்ட்ஸ் என்க. ஒலியின் திசைவேகம் v இப்போது ஒலிமூலம் கேட்பவரை நோக்கி v_s திசைவேகத்துடன் நகர்வதாகவும், கேட்பவர் ஒலி மூலத்திலிருந்து v_L திசைவேகத்துடன் விலகிச் செல்வதாகவும் கொள்ளலாம். ஒலி பரவும் திசைக்கு θ கோணத்தில் காற்றும் வீசினால் இப்போது அவர் கேட்கும் ஒலியின் அதிர்வெண்,

$$n^1 = \frac{v + \omega \cos \theta - v_L}{v + \omega \cos \theta - v_s} \times n \quad \text{ஹெர்ட்ஸ்}$$

இதில் ω கேட்பவரை நோக்கி வீசும் காற்றின் திசைவேகம். இவ்வாறு ஒலிமூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் சார்பியக்கம் (relative motion) ஏற்பட்டால், கேட்கப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணில் மாற்றம் ஏற்படும் விளைவு டாப்ளர் விளைவு எனப்படும். சார்பியக்கத் திசைவேகம் (relative velocity) ஒலியின் திசைவேகத்தைவிடக் குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே இவ் விளைவு நிகழும் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

நிலையலைகள். ஒரே வீச்சும் ஒரே அலைவு நேரமும் உள்ள இரண்டு ஒலி அலைகள் எதிரெதிர்த் திசைகளில் ஒரே வேகத்தில் ஒரு நேர் கோட்டில் அமையுமானால் அவை பொருந்தும் காரணமாக நிலையலைகள் (stationary waves) ஏற்படும். இவ்வகை அலைகளில் நெருக்கங்களும் தளர்ச்சிகளும் தோன்றி மறையுமே தவிர முன்னேற்றம் இன்மையால் இவற்றிலிருந்து ஆற்றலும் பரவுவது இல்லை.

நியூட்டன்-லாப்லாஸ் வாய்பாடு. ஓர் ஊடகத்தில் ஒலியின் திசைவேகம் என்பது நியூட்டன் வாய்பாடாகும். இதில் E ஊடகத்தின் மீள் தன்மை மாறிலியும் (elasticity) ρ அதன் அடர்த்தியும் ஆகும். நியூட்டன் இவ்வாய்பாட்டுக்கு வழிவகுத்துக் காற்றில் ஒலியின் திசைவேக மதிப்பைக் கணக்கிட்டபோது அதில் ஏற்படும் நெருக்கங்களும் தளர்ச்சிகளும் சமவெப்பநிலை நிகழ்வுகள் (isothermal processes) எனக் கொண்டு, ஊடக அழுத்தம் P எனில்,

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$ எனக் கண்டு vஇன்

மதிப்பைக் கணக்கிட்டார். இம்மதிப்பு ஆய்வு முடிவுகளைவிடக் குறைவாக இருந்தது. பின்னர் லாப்லாஸ் ஊடகத்தில் ஏற்படும் நெருக்கங்களும் தளர்ச்சிகளும் வெப்ப மாற்றீடற்ற நிகழ்வுகள் (adiabatic processes) எனக் கண்டு, ஊடகத்தின் வெப்ப எண்களின் தகவு (ratio of specific heats) γ எனில்,

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

என்னும் சமன்பாட்டால் திசைவேகத்தின் சரியான மதிப்பைக் கணக்கிட்டார்.

அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றால் திசைவேகம் மாற்றமடைதல். காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் அதன் அழுத்தத்தைப் பொறுத்ததன்று. எனினும், வெப்பநிலை, ஈரப்பதன் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மாறக்கூடும். T_0 தனி வெப்பநிலையில் (absolute temperature) திசைவேகம் V_0 எனவும் T_0 தனி வெப்பநிலையில் திசைவேகம் V எனவும் கொள்ள,

$$V/V_0 = \sqrt{T/T_0}$$ ஆகும்.

மேலும் காற்றில் ஈரப்பதம் அதிகமாகும்போது ஒலியின் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது.

காற்றுக்குப் பொருந்துவது போன்றே பிற வளிமங்களுக்கும் $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ எனும் வாய்பாடு பொருந்தும். நீர்மங்களில் ஒலியின் திசைவேகங்களைக் கணக்கிட இக்கோவையை ஒத்த $v = \sqrt{\gamma B_T/\rho}$ எனும் கோவை பொருந்தும். இதில் B_T என்பது நீர்மத்தின் சம வெப்பநிலைப் பருமக் குணகம் (isothermal bulk modulus) ஆகும்.

பிற பண்புகள். ஒளியைப் போன்றே ஒலியும் மீளல் (reflection), விலகல் (refraction), ஊடகங்களில் உட்கவரப்படல் (absorption) பிரிகை (dispersion), விளிம்பு விளைவு (diffraction), சிதறல் (scattering) ஆகிய பண்புகளை உடையது.

ஒலிக்கதிர். ஒலி அலை முகப்புக்குச் செங்குத்தான கோட்டை ஒலிக்கதிர் (ray) எனலாம். ஒரே திசையில் அமையும் பல கதிர்களின் தொகுப்பு ஓர் ஒலிக்கற்றை (beam) ஆகும். ஒலி ஆற்றல் பரவும் போது விளையும் மீளல், விலகல் போன்ற நிகழ்வுகளை அறிய ஒலியின் அலைக் கொள்கையையோ (wave concept) கதிர்க் கொள்கையையோ (ray concept) தக்கவாறு பயன்படுத்தவேண்டும். பாய்ம ஊடகங்களில் ஒலி மீளலும், விலகலும் சமதள ஒலி அலை ஒன்று ஊடகத்தில் ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்தின் கணமதிப்பு P எனவும் ஊடகத்தின் சமநிலை அடர்த்தி ρ_0 எனவும், ஒலியின் திசைவேகம் v எனவும் கொள்ள; ஒலி அலையின் செறிவு $I = P^2/_2\rho_0 v$ என ஆகும். ஓர் ஊடகத்தின் சமநிலை அடர்த்தி ρ, அதில் ஒலியின் திசைவேகம் v எனில், பெருக்குத் தொகை ρv அவ்வூடகத்தின் பண்பியல் எதிர்ப்பு (characteristic impedance) எனப்படும். பாய்ம ஊடகங்களில், $\rho_1 v_1$ பண்பியல் எதிர்ப்புள்ள ஓர் ஊடகத்திலிருந்து $\rho_2 v_2$ எதிர்ப்புள்ள அடுத்த ஊடகத்திற்கு ஒலி பரவும்போது இவ்விரு ஊடகங்களின் பிரி தளத்தில் ஒலி அலை மீளலும் ஒலிவிலகலும் ஏற்படலாம். மீளல் நிகழும்போது, மீள் ஒலி அலையின் ஆற்றலுக்கும் படு ஒலி அலையின் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு ஒலித்திறன் மீளல் எண்

(sound power reflection coefficient) α_r ஆகும். படு கோணம் θ_iவிலகுகோணம் θ_t எனில்,

$$\alpha_r = \frac{\text{மீள் ஆற்றல்}}{\text{படு ஆற்றல்}} = \frac{\text{மீள் ஒலிச்செறிவு}}{\text{படு ஒலிச்செறிவு}} = \frac{I_r}{I_i}$$

$$\left(\frac{\rho_2 v_2 \cos \theta_i - \rho_1 v_1 \cos \theta_t}{\rho_2 v_2 \cos \theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t} \right)^2$$

ஊடகத்தினுட் செல்லும் ஒலி ஆற்றலுக்கும் பிரிதளத்தில் படும் ஒலி ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு ஒலித்திறன் செலுத்தீட்டு எண் (sound power transmission coefficient) ஆகும்.

$$\alpha_t = \frac{\text{உட்செல்லும் ஆற்றல்}}{\text{படுஆற்றல்}} =$$

$$\frac{\text{உட்செல்லும் ஒலிச்செறிவு}}{\text{படு ஒலிச் செறிவு}} = \frac{I_t}{I_i}$$

$$= \frac{4 \rho_1 v_1 \rho_2 v_2 \cos \theta_i \cos \theta_t}{(\rho_2 v_2 \cos\theta_i + \rho_1 v_1 \cos \theta_t)^2}$$

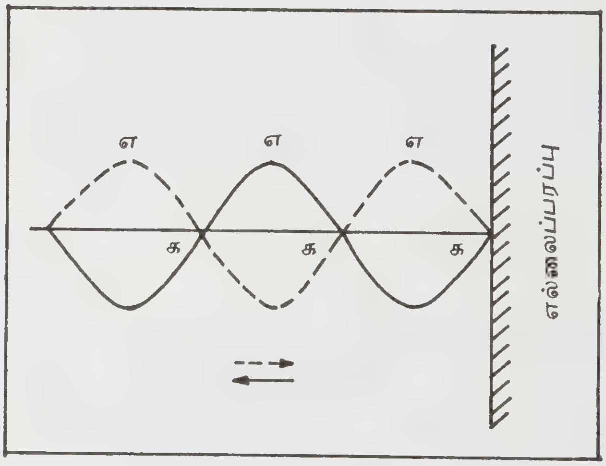
மேலும், செங்குத்துப் படுகையின்போது, $\theta_i = 0$; $\theta_t = 0$ ஆதலால், $\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2$ எனில், அதாவது இரு ஊடகங்களும் ஒரே பண்பியல் எதிர்ப்புள்ளவை எனில், ஒலி மீளல் நிகழாமல் படும் ஆற்றல் முழுதும் இரண்டாம் ஊடகத்தினுட் செல்லும். இங்கு $\sin \theta_i \sin \theta_t = v_1/v_2$ எனும் ஸ்நெல் விதி பொருந்தும். இரு ஊடகங்களுக்குமிடையே மாறுநிலைக் கோணம் (critical angle) θ_c எனில், $v_1 < v_2$ ஆக இருக்கும் போது $\sin \theta_c = \frac{v_1}{v_2}$ அடுத்தடுத்த இரு ஊடகங்கள் வழியே ஒலி செல்லும்போது ஏற்படும் செறிவுக் குறைவைக் குறிக்க, செலுத்தீட்டு இழப்பு (transmission loss) $= 10 \log \frac{I_i}{I_t}$ டெசிபல் (dB) எனும் கோவை பயன்படும். எடுத்துக்காட்டாக, திண்காரையில் செங்குத்தாக 500 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலி படும் போது, 0.1 மீட்டர் தடிப்பும் 270 கி.கி/மீ^{2} பரப்பு அடர்த்தியுமுள்ள திண்காரையால் ஏற்படும் செலுத்தீட்டு இழப்பு 45 டெசிபல் ஆகும்.

திண்மங்களில் ஒலி பரவல். திண்மங்களின் நுண்துளை அமைப்பு, அக மீள் தன்மை ஆகியன காரணமாக அவற்றின் வழியே ஒலி பரவும் வகை வேறுபடும். ஊடகமொன்றில் ஒரு சமதள அலை பரவும் போது ஏற்படும் இறுக்கம், தளர்ச்சி காரணமாக ஏற்படும் அழுத்த அலை திண்மப் பரப்பில் ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்திற்கும், அப்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக ஊடகத்தின் அப்போதைய திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தகவு அத்திண்மத்தின் செங்குத்து ஒலி எதிர்ப்பு எண் (normal specific acoustic impedance) Zn எனப்படும். இது தடைக் கூறு r_n மற்றும் மறுப்புக் கூறு (reactive component) x_n ஆகிய இரு கூறுகளால் ஆனது. அதாவது $Z_n = r_n + jx_n$ (இங்கு $j = \sqrt{-1}$)ஆகவே திண்மங் களுக்கு,

$$\alpha_r = \frac{(r_n \cos \theta_i - \rho_1 v_1)^2 + x_n^2 \cos \theta_i}{(r_n \cos \theta_i + \rho_1 v_1)^2 + x_n^2 \cos^2 \theta_i}$$

$$\alpha_t = \frac{4 r_n \cos \theta_i (\rho_1 v_1)}{(r_n \cos\theta_i + \rho_1 v_1)^2 + x_n^2 \cos^2 \theta_i}$$

நிலையலைத்தகவு. ஒரு பாய்ம ஊடகத்தில் முன்னேறும் ஓர் ஒலி அலை, ஒரு சமதள எல்லைப் பரப்பில் பட்டு, அதனால் ஏற்படும் மின் அலையுடன் பொருந்தி நிலை அலைகளை விளைவிக்கக் கூடும். எல்லைத்தளத்தில் படும் அலையின் அழுத்த வீச்சு A_1 எனவும், மீளும் அலையின் அழுத்த வீச்சு B_1 எனவும் கொள்ள,



படம் 6

க: கணு
எ: எதிர்க்கணு

நிலையலை வடிவின் எதிர்க்கணுவில் உள்ள அழுத்த வீச்சுக்கும், கணுவில் உள்ள அழுத்த வீச்சுக்கும் அமையும் தகவு நிலை அலைத் தகவு (standing wave ratio) எனப்படும்.

$$\text{நிலையலைத்தகவு (SWR)} = A_1 + B_1/A_1 - B_1$$

எதிரொலி. ஒலியலையின் மீளலே எதிரொலிக்குக் காரணமாகும். மூல ஒலி, எதிரொலி ஆகியவற்றிடையே சிறுமம் 1/10 நொடி கால இடைவெளி இருந்தால்தான் அவற்றைத் தனித்தனியே கேட்க இயலும்.

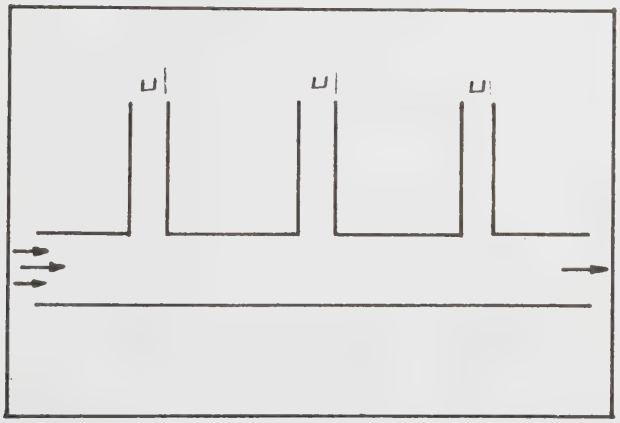
ஒலி விலகல். வீசும் காற்றின் காரணமாகவோ, இடத்திற்கிடம் வெப்பநிலை மாறுபடுதல் காரணமாகவோ அலை முகப்புகள் உருமாறுவதால் ஒலி விலகல் ஏற்படும்.

ஒலி மெலிவு. ஊடகத்தின் பாகியல், வெப்பக் கடத்தல், மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஆற்றல் பரிமாற்றம் ஆகியவை, பரவும் ஒலியலைகளின் ஆற்றல் குறையக் காரணங்களாகும். பாய்மங்களில் பரவும் ஒலியின் செறிவு குன்றுவதைச் செறிவு வீழ்ச்சி (attenuation) எனலாம். மெலிவு, ஊடகத்தின் பாகியல் எண்ணுக்கும் ஒலி அதிர்வெண்ணின் இருமடிக்கும் நேர் விகிதத்திலும், ஊடகத்தின் சராசரி அடர்த்தி, ஒலியின் திசை வேகத்தின் மும்மடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் அமையும்.

பிரிகை. ஒலியின் அதிர்வெண் அதிகமானால் அதன் திசைவேகம் அதிகமாதல் ஒலியின் பிரிகை (dispersion) எனப்படுகிறது. விளிம்பு விளைவு என்பது தடுப்புகளைச் சுற்றி ஒலி வளைந்து செல்லும் நிகழ்வு ஆகும்.

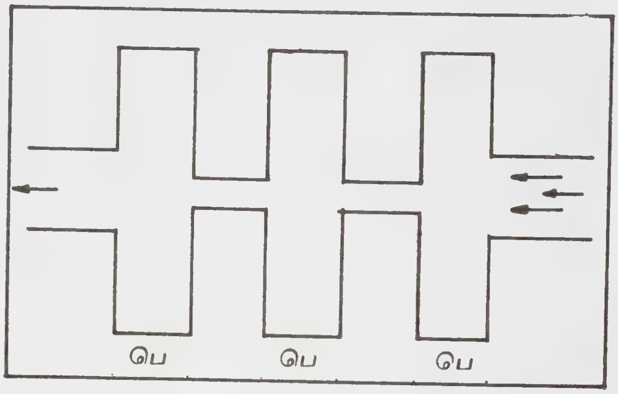
சிதறல். தடுப்பால் ஒலியலை விலக்கமடைந்து (deflected) படு ஒலியின் செறிவு மதிப்புகள் மாற்றப்படும் நிகழ்வு ஒலிச்சிதறல் ஆகும்.

ஒலி வடிப்பான்கள். ஓர் ஊடகத்திலிருந்து l தடிப்புள்ள இரண்டாம் ஊடகத்தின் வழியே மூன்றாம் ஊடகத்திற்கு ஒலி செல்லும்போது. இம்மூன்று ஊடகங்களின் பண்பியல் எதிர்ப்புகள் (முறையே $\rho_1 v_1$, $\rho_2 v_2$, $\rho_3 v_3$ ஆகியன) $\rho_2 v_2 = \sqrt{\rho_1 v_1 \rho_3 v_3}$ என்றவாறு அமைந்தால், அதிர்வெண் $f = (2n-1)\, v_2/4l$ மதிப்புள்ள ஒலியும் இதனை மிக ஒட்டிய அதிர்வெண்களுடைய ஒலிகளும் முதல் ஊடகத்திலிருந்து மூன்றாம் ஊடகத்திற்கு இழப்பின்றிச் செலுத்தப்படும். இகொள்கையின் அடிப்படையில் பல ஊடகங்களைத் தொகுத்துச் சில அதிர்வெண்களை மட்டும் தம் ஊடே செலுத்திப் பிறவற்றைத் தடுக்கும் ஒலி வடிப்பான்களை அமைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாகக் குழாய் ஒன்றில் ஹெல்மோல்ட்ஸ் ஒத்திசைவி, பெருக்க அறை (expansion chamber), பக்கக்குழாய் போன்றவற்றை இணைத்துத் தேவையான அதிர்வெண் அல்லது அதிர்வெண் தொகுப்பை வடிக்கலாம். ஒலி வடிப்பான்கள், இசைக் கருவிகளிலும் ஓசைக் கட்டுப்பாடு தேவைப்படுமிடங்களிலும் பயனாகின்றன.



அ. உயர் அதிர்வெண் கடத்தும் வடிப்பான்

ப: பக்கக்குழாய்.



ஆ. தாழ் அதிர்வெண் கடத்தும் வடிப்பான்

படம் 7. பெ: பெருக்க அறை

ஒலியை உணர்தல். *(detection)* ஒலியை அளவிடவும், தக்கவாறு பயன்படுத்தவும் அதனை உணர்தல் இன்றியமையாததாகிறது. செவியே பெரும்பாலான ஒலிகளின் இறுதி ஏற்பிடமாக உள்ளது. ஆகவே ஒலியைக் கேட்டு உணரலாம். அல்லது நுட்ப ஒலி ஏற்பி, நீர் ஊடக ஒலி ஏற்பி போன்ற ஏற்புக்கருவிகளைப் பயன்படுத்தி ஒலி அலைகளை மின்னலைகளாக மாற்றி அம்மின்னலைகளை அளவிட்டு ஒலியின் தன்மைகளை அறியலாம்.

செவி. செவி ஒலியை உணரும் முறையைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். புறச் செவியில்படும் ஒலி செவிக் குழாய் வழியே சென்று செவிப்பறையை அதிர்விக்கிறது. இந்த அதிர்வு, செவி உணர்வு எலும்புகளை அதிர்வித்து உட்செவிக்குச் சென்று உட்செவி நீர்மத்தில் அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தி அந்த நீர்மத்தோடு தொடர்புடைய சவ்வுகளையும் நரம்பு முனைகளையும் அதிர்விப்பதன் மூலம் ஒலியின் அழுத்த அலைகளின் ஆற்றல் நரம்பு சார்ந்த ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டு, கேள்வி நரம்புகள் வழியே மூளைக்குச் சென்று பகுத்துணரப்படுகிறது. மிக நுட்பமான ஒலி ஏற்புக் கருவிகளைவிடச் செவி, அதிக நுட்ப உணர்வு உடையது. ஒலிகளின் உரப்பு, சுருதி, இசைப் பண்பு ஆகியவற்றைச் செவி விதந்துணரும் திறன் வியப்புக்கு

உரியது. இயல்பாகக் கேட்கும் திறன் உடைய ஒருவர் இளைஞராயின் 20முதல் 20000 ஹெட்ஸ் வரையிலும் முதியவராயின் 20-12000 ஹெர்ட்ஸ் வரையிலும் உள்ள அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் ஒலிகளைக் கேட்க இயலும்.

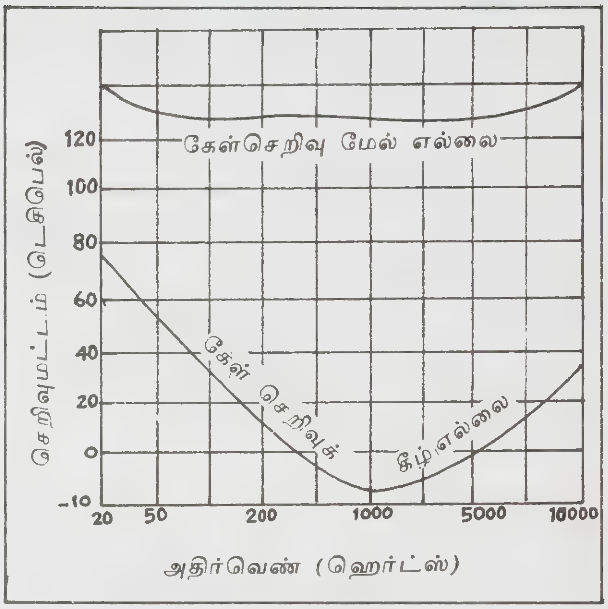
ஒலிச்செறிவு. குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் உடைய ஒலியை, இயல்பாகக் கேட்கும் திறனுடைய ஒருவர் கேட்க அவ்வொலியின் சிறுமச் செறிவு எவ்வளவு இருக்க வேண்டுமோ அந்த அளவு கேள் செறிவுக் கீழ் எல்லை (threshold of audibility) ஆகும். காற்றின் வழியே 1000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண் உள்ள தனி ஒலியின் கேள் செறிவுக் கீழ் எல்லை 10^{-12} வாட்/மீ^{2} இது .00002 நியூட்டன்/மீ^{2} = .0002 டைன்/செமீ.^{2} அல்லது மைக்ரோபார் பயனுறு அழுத்தம் (effective pressure) உடைய ஒலியாகும். செவியில் படும் மிகச் சிறு ஒலி அழுத்தமாகிய .00001 நியூட்டன்/மீ^{2} அழுத்தத்திற்கும் செவிப்பறை 10^{-11}மீட்டர் இடம் பெயர்ந்து செவியுறு ஒலி ஏற்கப்படுகிறது எனும் உண்மை குறிப்பிடத்தக்கது. ஒலியின் செறிவை அறியச் செறிவு மட்டம் எனும் மடக்கை அளவுத் திட்டம் பயன்படுகிறது. இதில் கேள் செறிவுக் கீழ் எல்லையாகிய 10^{-12} வாட்/மீ^{2} செறிவே சுட்டுச் செறிவாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த அளவுத் திட்டத்தின்படி, ஒலிச்செறிவு I,

$$\text{செறிவு மட்டம்} = 10 \log \frac{I}{I_o} \text{ டெசிபல்,}$$ எனும்

சமன்பாட்டால் பெறப்படும். இங்கு $I_o = 10^{-12}$ வாட்/மீ^{2}. வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்குச் செறிவுக்கீழ் எல்லை வெவ்வேறாக அமையும். இதேபோன்று கேள் செறிவின் மேல் எல்லையும் அமையும். இதனைப் படம் 8 இலிருந்து அறியலாம். கேள் செறிவின் மேல் எல்லையைவிட அதிகச் செறிவு மட்டமுடைய ஒலிகள் செவியில் வலியைத் தோற்றுவிக்கும் இந்த மேல் எல்லை ஒருவருக்கு ஒருவர் வேறுபடக் கூடும்.

ஒலியின் பயன்கள். உயிரினங்களின் குரல் ஒலிகளும், மனிதர்களின் பேச்சு, இசை ஆகியவையும் ஒலியின் பயன்களே. இவற்றைப் பதிவு செய்து மீட்பதிலும், புவியியல் ஆய்வு, கடல் ஆய்வு கட்டட அமைப்பு, தொழில் துறை, மருத்துவம், ஓசைக் கட்டுப்பாடு, பிற அறிவியல் ஆய்வுகள் ஆகியவற்றிலும் ஒலி பயன்படுகிறது.

பேச்சும் இசையும். நுரையீரலிலிருந்து அழுத்தத்தால் வெளியேற்றப்படும் காற்று, குரல் வளையிலுள்ள குரல்நாண்களிடையே வெளியேறும்போது குரல் ஒலி தோன்றுகிறது. இதனை வாய், மூக்கு, பல், உதடு ஆகியவற்றால் தக்கவாறு பண்பேற்றுவதால் (modulated) பேச்சும் குரலிசையும் தோன்றுகின்றன. இசை ஒலிகளைத் தோற்றுவிக்கும் கருவிகளைப் பிணைப்பு அதிர்வு அமைப்புகள் எனலாம். சில அதிர்வெண்களையும் அவற்றின் தொகுப்புகளையும் ஏற்படுத்தும் இவற்றை ஒலியியல் வடிப்பான்களாகவும் கருதலாம். இசைக் கருவிகளை நரம்புக் கருவிகள், காற்றுக் கருவிகள், தாளக்கருவிகள் என மூன்று வகையாகப் பிரித்துக் கூறுவது வழக்கம். தற்காலத்தில் மின்னணு அலையியற்றிகளைக் கொண்டு உருவாக்கப்படும் மின்னணு இசைக் கருவிகளும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.



படம் 8.

ஒலிப்பதிவும் ஒலி மீட்பும். வானொலி, திரைப்படம் தொலைக்காட்சி, காட்சிப் பெட்டி அமைப்புகள் (video systems) ஆகியன மலிந்துவிட்ட இக் காலத்தில் ஒலிப்பதிவும் மீட்பும் மிகவும் முன்னேற்ற மடைந்த ஒலியியல் பயன்களாகும். நெகிழி வட்டுக்களில், ஓரத்திலிருந்து மையப்பகுதிவரை சுருள் வடிவில் மாறு ஆழப் பள்ளங்களாக (grooves of varying depths) ஒலியைப் பதிவு செய்தல் பழைய முறை. ஊசி ஒன்று இப்பள்ளத்தில் நிறுத்தப்பட்டு, வட்டுச் சுழற்றப்படும்போது, பள்ளத்தின் மாறு ஆழத்திற் கேற்ப ஊசி அதிர்வுற்று ஒலி மீட்கப்படும். எந்தச் சுழற்சி வேகத்தில் ஒலி பதிவு செய்யப்பட்டதோ அதே சுழற்சி வீதத்தில் வட்டும் சுழன்றால் ஒலி மீட்பும் சரியாக நிகழும்.

ஒலிப்பதிவும் மீட்பும் ஒளியியல் முறையிலும் செய்யப்படுகின்றன. திரைப்படச் சுருள்களில் ஒலி இம்முறையிலேயே பதிவு செய்யப்படுகிறது. படச் சுருளின் ஓரத்தில் படும் ஒளிக்கற்றையை ஒலி அலைகளுக்கேற்பப் பண்பேற்றமடையச் செய்து ஒளிப்படப் பதிவாக (photographic record) ஒலிப்பதிவு செய்யப் படுகிறது. இப்பதிவின் வழியே ஒளியைச் செலுத்தி

ஒளி மின்கலத்தில் (photo electric cell) விழச் செய்து பெருக்கி (amplifier), ஒலிபெருக்கி (loud speaker) ஆகியவற்றின் வழியே ஒலி மீட்கப்படும். இவ்வகைப் பதிவில், ஒலிச் செறிவு மாற்றத்திற்கேற்ற ஒளிச் செறிவு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தி ஒளிப்படப் பதிவு செய்தல் செறிவு மாற்று முறை (variable density method) எனவும், ஒலியின் செறிவுக்கேற்றவாறு ஒலிப்பதிவுப் பரப்பை மாற்றிப் பதிவு செய்வது பரப்பி மாற்று முறை (variable area method) எனவும் பெயர் பெறும்.

சீரான வேகத்தில் இயங்கும் துருப்பிடிக்காத எஃகு கம்பியிலோ இரும்பு ஆக்சைடு பூசப்பட்ட நாடாவிலோ காந்தவியலாக ஒலியைப் பதிவு செய்து இந்தக் கம்பி அல்லது நாடாவை, அதே வேகத்தில் மீண்டும் இயக்கி மின்காந்த முறையில் ஒலியை மீட்பது இக்காலத்தில் பெரிதும் பயன்படும் முறை யாகும். இரண்டு நுட்ப ஒலி ஏற்பிகளைத் தக்க இடைவெளியில் அமைத்து ஒலியைப் பதிவு செய்து அவற்றைத் தனித்தனியே தக்க இடைவெளியில் அமைந்த இரு ஒலி பெருக்கிகளில் மீட்பதன் மூலம் ஒலிப்பதிவின்போது ஒலி மூலங்கள் இருந்த நிலைகளை உணரலாம். இது திசை-தொலைவு ஒலிப்பதிவு (stereophonic sound recording) முறை எனப்படும். இவ்வாறே நான்கு நுட்ப ஒலி ஏற்பிகளைக் கொண்டு ஒலிப்பதிவு செய்து நான்கு ஒலி பெருக்கிகளில் மீட்கும் நான்கொலி (quadraphonic) முறையும் உண்டு. இம்முறைகளில் பதிவு செய்யப்பட்ட ஒலி மீட்புறும்போது, வெவ்வேறு ஒலி மூலகங்களின் இடவலநிலை உணர்வும், அவற்றின் தொலைவு உணர்வும் (illusion of depth) ஏற்படுவதால் இவ்வகை ஒலி மீட்பு, பெரிதும் விரும்பப்படுகிறது.

புவியியல் ஆய்வு. புவியின் விளிம்பில் (crust) ஏற்படும் கேளா அக அதிர்வுகளை நில நடுக்க ஆய்வுக் கருவி கொண்டு ஆய்வதன் மூலம் மண்ணுக்குள் அமைந்துள்ள பாறைப் படிவமைப்புகளைப் பற்றி அறியலாம். ஒலி அதிர்வுகளின் மீளலிலிருந்து புவிப்பரப்பின் கீழ் அமைந்துள்ள கனி வளங்களைப் பற்றியும் அறியலாம். இந்த ஆய்வில், புவிப் பரப்பின் கீழ் ஒலி அலைகளை ஏற்கப் பயன்படும் கருவி புவி ஒலி ஏற்பி (geophone) ஆகும்.

கடல் ஆய்வு. கடல் நீர்ப் பரப்பின் கீழ் அமைந்துள்ள பாறைகள் போன்ற தடைப் பொருள்களையும், நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களையும், கடலின் ஆழத்தையும் ஒலி அலைகளின் மீளலிலிருந்து அறியலாம். நீருக்குள் ஒலி அலைகளை ஏற்கப்பயன்படும் கருவி நீர் ஊடக ஒலி ஏற்பி (hydrophone) ஆகும். கடலின் ஆழம் அறிவதிலும், கடற்பயணங்களிலும் ஒலி அலைகளைப் பயன்படுத்தும் முறை சோனார் (SONAR) எனப் பெயர்பெறும். ஆழ்கடலில் ஏறக்குறைய 4°C வெப்ப நிலையில் உள்ள நீரின் வழியே, ஒலி அலைகள் மூலம் ஒலிமூலத்தின் திசையையும் தொலைவையும் அறியும் முறைக்கு சோஃபார் (SOFAR) எனப்பெயர்.

- அ. ஆசப் அலி.

ஒலி உட்கவர்பு

ஒலி அலைகளின் ஆற்றல் வெப்பமாக மாறுவதன் காரணமாக ஒலியின் செறிவு (intensity) குறையும். இம்முறைக்கு ஒலி உட்கவர்தல் என்று பெயர். ஓர் ஊடகத்தின் வழியே ஓர் அலகு நேரத்திற்கு ஓர் அலகு பரப்பில் ஒலி செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்துத் திசையில் சராசரியாகப் பாயும் ஆற்றல் குறைவிற்குச் செறிவு வீழ்ச்சி (attenuation) என்று பெயர். ஒரு புள்ளி மூலம் (point source) ஓர் இலட்சிய ஊடகத்தில் ஆற்றலைப் பரப்புவதாகக் கொண்டால் ஒலியின் செறிவு தொலைவின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் குறையும்.

மேலும், காற்றிலும், கடல் நீரிலும் ஒலி செல்லும்போது ஒலிச் சிதறல் காரணமாக ஆற்றல் குறைவு ஏற்படுகிறது. வெவ்வேறு இயற்பியல் குணங்களைக் கொண்ட ஊடகங்களின் வழியே ஒலிசெல்லும்போது எதிரொலிப்பும் ஒலி விலகலும் ஏற்படுகின்றன. இம்முறைகளின் காரணமாக ஆற்றல் குறைவு ஏற்படுகிறது. ஊடகத்தின் இயற்பியல் குணங்களுக்கும் ஒலி அலைக்கும் இடையே ஏற்படும் செயல் விளைவு (interaction) காரணமாக ஒலி உட்கவர்பு ஏற்படுகிறது.

இந்தச் செயல் விளைவு ஒலியாற்றலை வெப்பமாக மாற்றுவதால் அலையின் செறிவு குறைகிறது. இதனைப் பின்வரும் தொடர்பால் குறிக்கலாம். மூல ஒலியின் செறிவு I_o எனலாம். r தொலைவில் ஒலியின் செறிவு,

$$I = I_o e^{-\alpha r}$$

இதில் α என்பது செறிவு உட்கவர்பு குணகமாகும்.

ஒலி உட்கவர்பின் அடிப்படைக் காரணங்கள். பொருள் ஊடகங்களில் ஏற்படும் உட்கவர்பிற்கான அடிப்படைக் காரணங்கள் பின்வருமாறு: பாகுத்தன்மை (viscosity), வெப்பக்கடத்தல், வெப்பக் கதிர் வீசல், விரவல் (diffusion) என்பன.

பாகுத்தன்மை. பாய்மங்கள் நகரும்போது அவை செல்லும் திசைக்கு இணையாக உள்ள அடுக்கில் செல்லும் பாய்மம் அடுத்துள்ள அடுக்கின் வழியே செல்லும் பாய்மத்தின் இயக்கத்தைத் தடைப்படுத்துகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது நீர்மத்தின்

பாகுத் தன்மை குறைகிறது. ஆனால் வளிமத்தின் பாகியல் வெப்பநிலைக்குத் தகுந்தவாறு மிகும். பாகுத் தன்மை காரணமாக ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்பினைப் பின் வரும் தொடர்பின் மூலம் அறியலாம்.

$$\propto v = \frac{16\pi^2 f^2 \eta}{3\rho_o C^2}$$

$\propto_v$ = உட்கவர்பு எண்; η = பாகியல் எண்; f = ஒலியின் அதிர்வெண்; C = ஒலியின் திசை வேகம்; ρ_o = பாய்மத்தின் சமநிலை அடர்த்தி (equilibrium density). இந்தத் தொடர்பு குறைந்த அதிர்வெண்களுக்கு மட்டும் பயன்படும்.

வெப்பக் கடத்தல். ஒலியலைகள் பாய்மத்தின் வழியே செல்லும்போது அமுக்கத்தின் (compression) காரணமாக வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது. தளர்ச்சியின் காரணமாக வளிமத்தைக் குளிர்விக்கும் இடைப்பட்ட காலத்தில் வெப்பச்சரிவு (temperature gradient) ஏற்படுகிறது. இது ஒரு மீளா (irreversib'e) நிகழ்வு. இம்முறையில் ஆற்றல் வெப்பமாக மாறிக் குறைகிறது. இம்முறையின் மூலம் ஏற்படும் உட்கவர்பினைக் கீழ்வரும் தொடர்பின் மூலம் அறியலாம்.

$$\propto_n = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \quad \frac{4\pi^2 f^2 MK}{\rho_o C_3 Cv} \quad : \gamma = \frac{C_p}{Cv}$$

M = மூலக்கூறு எடை; ρ_o = சமநிலை அடர்த்தி; K = வெப்பங் கடத்தும் திறன்.

இத்தொடர்பு குறைந்த அதிர்வெண்களுக்கு மட்டும் பயன்படும். பொதுவாக ஒரே அதிர்வெண்ணிற்கு $\propto v, \propto_n$ ஐவிட அதிகமாகஇருக்கும். இரண்டு முறைகளிலும் ஏற்படும் மொத்த உட்கவர்பு $\propto_v, \propto_n$ ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகையாகும்.

வெப்பக் கதிர்வீசல். பாய்மத்தின் ஒரு பகுதி அடுத்துள்ள பகுதியின் வெப்பநிலையைவிட மாறுபட்டிருக்கும்போது வெப்பக் கதிர்வீசல் ஏற்படுகிறது. இது மின்காந்த அலை நிகழ்ச்சியாகும். ஒலி உட்கவர்தலில் வெப்பக் கதிர்வீச்சு மிகச்சிறிய அளவே பங்கேற்கிறது.

விரவல். இரண்டு வளிமங்கள் ஒன்றோடு ஒன்று விரவும்போது விரவல் ஏற்படுகிறது. வெப்பக்கடத்தல், பாகுத்தன்மை முதலிய முறைகளில் ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்பினை ஒப்பிடும்போது விரவல் முறையில் ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்பு மிகக் குறைவு. கலவை வளிமங்களில் அவற்றின் மூலக்கூறுஎடைகள் அதிக அளவில் வேறுபட்டால் விரவல் முறையில் ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்வு மற்றைய முறைகளில் ஏற்படும் உட்கவர்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

பாய்மங்களில் உட்கவர்பினை அளத்தல்

பாய்மங்களில் ஏற்படும் உட்கவர்பினை எந்திர, ஒளி, மின், வெப்ப முறைகளில் அளக்கலாம். இந்த எல்லா முறைகளும் ஓரிடத்தில் ஒலியின் செறிவு மூலத்தில் இருந்து அவ்விடத்தின் தொலைவைப் பொறுத்து மாறும் எனும் கொள்கையடிப்படையில் ஆனவை.

எந்திரமுறை. நீர்மங்களில் ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்பினை மட்டும் அளக்கப் பயன்படும். ஒலிச் செறிவினைப் பொறுத்து மாறுபடும் கதிர்வீச்சின் அழுத்தத்தின் மூலம் செங்குத்துக் கற்றையில் ஒலியின் செறிவை அளக்கலாம்.

ஒளியியல் முறை. நீர்மங்களுக்கு மட்டும் பயன்படும் இம்முறையில் ஒலிக் கற்றையினால், ஒளி விளிம்பு விளைவு அடைகிறது. அதாவது ஒலிக் கற்றை கீற்றணியாகச் செயல்படுகிறது. ஒலியின் செறிவு அதிகமாக உள்ளபோது அதிக விளிம்பு விளைவுப் பட்டைகள் (diffraction bands) ஏற்படுகின்றன.

மின்முறை. வளிமங்களுக்கும், நீர்மங்களுக்கும் இம்முறை பயன்படுகிறது. எந்த ஊடகத்தில் ஒரு உட்கவர்பினை அறியவேண்டுமோ அதே ஊடகத்தில் அழுத்த மின் படிகத்தை (piezo crystal) வைத்து ஒலிக் கற்றையின் ஒலிச் செறிவைத் தொலைவிற்குத் தகுந்தவாறு அறியலாம்.

வெப்பமுறை. ஒலி செல்லும்போது ஏற்படக் கூடிய வெப்பத்தை நேரடியாக அளந்து ஒலியில் ஏற்படும் செறிவு இழைப்பை அறியலாம்.

வளிமங்களுக்கு ஆய்வு மதிப்புகள். மேலே கூறிய முறைகளின் மூலம் அறியப்பட்ட மதிப்புகள், பாகுத் தன்மை மற்றும் வெப்பக் கடத்தல் காரணமாக ஏற்படும் ஒலி உட்கவர்பு மதிப்புகளுக்குச் சரியாக அமைந்துள்ளன. ஆனால் உயர்ந்த அதிர்வெண்ணுக்கும், குறைந்த அழுத்தத்திற்கும் இரண்டு மதிப்புகளும் ஒன்றாக இருப்பதில்லை. மிகுந்த சிக்கலான காற்றுப் போன்ற வளிமங்களுக்கு ஒலி உட்கவர்பு எண் மதிப்பு பழைய முறையில் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பினை விட அதிகமாக இருக்கும்.

நீர்மங்களுக்கு ஆய்வு மதிப்பு. பாதரசம் மற்றும் நீர்ம ஆர்கான், ஆக்சிஜன், நைட்ரஜன் ஆகிய இவற்றிற்கு உட்கவர்பு எண் பழைய முறையில் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளுக்குச் சரியாக அமைந்திருக்கிறது. ஆனால் சாதாரண நீர் மற்றும் நீரக உப்புக் கரைசல்களுக்கு உட்கவர்பு எண் பழைய மதிப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும். இந்த அதிக உட்கவர்பிற்கான விளக்கம் மூலக்கூறு மற்றும் இளைப்பாறல் (relaxation) முறைகளில் காணலாம்.

வளிமங்களில் மூலக்கூறுகளின் இளைப்பாறல். வளிம ஊடகங்களில் ஒலி அலைமுறையில் சென்றாலும் வளிமத்தில் உள்ள மூலக்கூறுகளில் மோதல்கள்

ஏற்படுகின்றன. வளிமங்களின் இயக்கக் கொள்கைப்படி வளிமங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள் வெவ்வேறு திசைகளில் நகர்கின்றன. வளிமங்களின் வழியே ஒலியலை செல்லும்போது வளிமம் இறுக்கமடைந்து மூலக்கூறின் சராசரி இடமாற்ற ஆற்றல் அதிகமாகிறது. அடுத்தடுத்துள்ள மூலக்கூறுகள் அதிகரித்த ஆற்றலை மோதல்கள் மூலமாக வெளிப்படுத்துகின்றன. இம்மோதல்கள் வளிமத்தின் வழியே கூடுதலான ஒலி ஆற்றலை அலை ஆற்றலாக, வெளிப்படுத்துகின்றன.

ஆகவே வளிமத்தின் வழியே ஒலி செல்லும்போது வளிமம் இறுக்கமடைந்து, அடர்த்தி அதிகரிப்பினால் (இயக்க கொள்கையின்படி) அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. வெவ்வேறு மூலக்கூறுகளைக் கொண்ட வளிமத்தில் அழுத்த அதிகரிப்பு கண நேரத்தில் ஏற்படுவதில்லை. ஏனெனில் மிகையான இயக்க மாற்று ஆற்றல் உள்ளுக்குள் இருக்கும் சுழற்சி அதிர்வு மூலக்கூறு ஆற்றல் நிலைகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது. உள் அடர்த்தி அலை சலசலப்பின் காரணமாகக் குறையும்போது அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. ஏனெனில் உள் நிலைகளிலிருந்து ஆற்றல் மீண்டும் இடமாற்று ஆற்றல் வடிவத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. அதிகமான அழுத்தமும், அடர்த்தியும் ஒன்றுக்கொன்று கட்ட நிலையில் (phase) மாறுபடுகிறது. இதிலிருந்து ஒலியலை ஆற்றல் ஒலி உட்கவர்பிற்குத் தக்க அளவில் வெப்பமாக மாறுகிறது. இந்த முறைக்கு இளைப்பாறல் என்று பெயர். அடர்த்தி தன் சம நிலைப் பகுதியிலிருந்து $1-\frac{1}{e}$ பகுதி நேரத்தில் (தோராயமாக) மீண்டும் தன் நிலைக்கு வருவதற்கு இளைப்பாறல் நேரம் என்று பெயர்.

நீர்மங்களில் இளைப்பாறல் முறை. பழைய கொள்கைப்படி மதிப்பிடப்பட்ட ஒலி உட்கவர்பு மதிப்பைவிட நீர்மங்களில் ஒலி உட்கவர்பு மதிப்பு அதிகமாக இருக்கும். இதற்கு இளைப்பாறல் முறை காரணமாகிறது. வெப்ப இளைப்பாறல் முறை துருவமில்லா பென்சீன் நீர்மங்களில் ஒலி உட்கவர்தலை விளக்கப் பெரிதும் வெற்றி பெற்று இருக்கிறது. நீர் போன்ற முனைவுடைய (polar) நீர்மங்களில் இம்முறை பயன்படுவதில்லை. இந்நீர்மங்களில் கட்டுமான இளைப்பாறல் முறை (structural relaxation process) வெற்றிகரமாகச் செயல்படுகிறது. நீர்ம நீர் (liquid water) ஒன்றுக்கொன்று எதிரான மூலக்கூறு அமைப்பில் இருக்க முடியும் என்றும், ஒலி செல்வதால் சராசரி ஆற்றல் விகிதம் முன்னும் பின்னும் மாற்றப்படுகிறது என்றும் கருதப்படுகின்றன. கீழ் ஆற்றல் தாழ் நிலைப் பனிக்கட்டியின் அமைப்பினை ஒத்திருக்கும். இதில் ஒவ்வொரு நீர் மூலக்கூறினைச் சுற்றி, ஒரு நாற்கரத்தின் நான்கு மூலைகளிலும், நடுவில் உள்ள மூலக்கூறினைச் சுற்றி அமைந்திருப்பதைப் போன்று, மூலக்கூறுகள் அமைந்திருக்கும். மையப் பக்கச் சதுரப் படிகத்தைப் போன்று நெருக்கமாக அமைந்துள்ள மூலக்கூறின் வடிவமைப்பை உயர் ஆற்றல் மட்டம் ஒத்திருக்கும். நீர் தன் சமநிலையில் இருக்கும்போது பெரும்பாலும் எல்லா மூலக்கூறுகளும் கீழ் ஆற்றல் மட்டத்தில் அமைந்திருக்கும். ஒலி செல்வதன் காரணமாகச் சில மூலக் கூறுகள் உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு மாற்றப்படுகின்றன. அதனால் சமநிலை மாறிவிடுகிறது. சாதரணமாகவே கீழ் ஆற்றல் நிலைக்கு மீண்டும் வருவதற்குச் சில காலம் தேவைப்படுவதால் உட்கவர்பு ஏற்படுகிறது.

10°-80° வரையில் நீரில் ஏற்படும் அதிக உட்கவர்பிற்கான காரணத்தை இக் கொள்கை தெளிவுபடுத்துகிறது. இந்த எல்லையில் இளைப்பாறும் நேரம் 10^{-12} நொடி ஆகும்.

நீரகக் கரைசல்களில் அதிகப்படியான உட்கவர்பு வேதியியல் இளைப்பாறுதல் மூலம் உணர்த்தப்படுகிறது. வேதியியல் விளைவில் பிரித்தல்-சேர்த்தல் முறைகள் இரண்டு ஆற்றல் மட்டங்களை ஏற்படுத்தும். ஒலியலை செல்வதால் ஏற்படும் அமுக்கத் தகவினால் (compressive stress) இரண்டு ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையே மாற்றப்படும் ஆற்றல் மாறுபடும். கடல் நீரில் ஏற்படும் அதிக உட்கவர்பிற்கான காரணத்தை மக்னீசியம் சல்ஃபேட்டின் பிரித்தல் வினை சிறப்பாக விளக்குகிறது.

திண்மப்பொருள்களில் ஒலி உட்கவர்பு. திண்பொருள்களுக்கு வெப்பச் செறிவு உட்கவர்பு எண் ω பயன்படுத்தப்படுகிறது. திண்பொருளில் ஒரு புள்ளியில் ஓர் அலகு நேரத்தில் செறிவில் எவ்வளவு இழப்பு ஏற்படுகிறதோ அதற்கு ω என்று பெயர். ω உம் உட்கவர்பு எண் α உம் கீழ் வரும் தொடர் மூலம் ஒன்றோடு ஒன்று சார்ந்துள்ளன.

$$\alpha\lambda = \omega T$$

இதில் λ என்பது ஒலியலையின் அலைநீளம். T என்பது அலை நேரமாகும்.

திண்பொருள்களில் ஒலி குறைதல் கொள்கை மிகவும் சிக்கலானது. ஏனெனில், அதில் பல நுட்பங்கள் உள்ளன. வெப்பக் கடததுதிறன், ஒலிச் சிதறல், ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களில் ஏற்படும் காந்தப் பகுதி இழப்புகள், அணுக்களின் விரவல், உலோகங்களில் இடமாற்ற இளைப்பாறும் முறைகள் முதலியவை காரணமாகின்றன. இவற்றைத் தவிர உலோகங்களில் குறைந்த வெப்பநிலையில் அணிக் கோவை அதிர்வுகளுக்கும் (lattice vibration), இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்களுக்கும் (valancy electrons) இடையே ஏற்படும் இடையீடு ஒரு முக்கிய பங்காற்றுகிறது.

இரா. சேகரன்

ஒலி ஒளியியல்

ஒலி ஆற்றலும், ஒளி ஆற்றலும் இடைப்படும்போது நிகழும் விளைவுகளை ஆய்வு செய்யும் புலம் ஒலி ஒளியியல் எனப்படுகிறது. இத்தகைய விளைவுகள், பொதுவாக, இவ்விரு ஆற்றல்களும் பரவுவதற்கு உதவும் ஊடகத்திலேயே நிகழும். ஒலி அலையினால் ஊடகப் பொருளில் உண்டாகும் மாற்றத்தால் அதன் ஒளி விலகு எண்ணில் ஏற்படும் நிகழ்வே ஒலி ஒளியியல் விளைவுகளுக்கான காரணமாகும். பொருளின் மேலுள்ள அழுத்தம் மாறுபடும் போது, அதன் அடர்த்தியும் அதன் ஒளிவிலகு எண்ணும் மாற்றமடைகின்றன.

1935க்கு முன்பே பெரும்பாலான ஒலி ஒளியியல் விளைவுகளைக் குறித்து அறியப்பட்டிருந்தாலும் இவற்றின் செய்முறைப் பயன், ஒலி ஒளியியல் லேசர்களுடன் இணைந்த பிறகே நடைமுறைக்கு வந்தது. ஒலி ஒளியியல் விளைவின் அளவு பொதுவாக, ஓர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகு எண்ணில் ஏற்படும் சிறு மாற்றம், அந்த ஊடகத்தின் அடர்த்தியில் ஏற்படும் சிறு மாற்ற விகிதத்தில் உள்ளது. ஒளிமீள்திறன் குணகம் (photo elastic coefficient) என்பது ஓர் ஊடகத்தின் தொடக்கநிலை இறுக்கம் அல்லது அழுத்தத்திற்கும், இதன் விளைவாக ஒளிவிலகல் எண்ணில் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைக் குறிக்கிறது. குறைந்த ஆற்றலுள்ள ஓர் ஒலியலையின் ஊடே ஓர் ஒளிக்கற்றை செல்லும் போது, ஒளிக்கற்றையும் ஒலியலையும் ஒன்றுக்கொன்று விளைவு ஏற்படுத்தும் திறன், அந்தஒலியின் திறனுடன் நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இத்திறன், அப்பொருளில் ஒலி பரவிச் செல்லும் வேகத்தையும் சார்ந்துள்ளது. ஒலி ஒளியியற் பொருள்களின் செயல் திறன், இப்பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் இவற்றில் ஒலி பரவிச் செல்லும் வேகத்தையுமே பெருமளவில் சார்ந்துள்ளது. குறைந்த ஒலி வேகத்தைக் கொண்டுள்ள நீர்மங்கள் நல்ல ஒலி ஒளியியற்பொருள்களாகச் செயல்படுகின்றன எனினும், அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்போது ஒலியின் ஆற்றல் குன்றுவதால் 50 மெகாஹெர்ட்ஸ் வரை மட்டுமே நீர்மங்கள் பயனடைகின்றன. அதிக அதிர்வெண் கொண்ட ஒலி பயன்படுத்தும்போது திண்பொருள்கள் குறிப்பாக, அதிக அளவு ஒலிவிலகல் எண்கள் கொண்டவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. படிகப் பொருள்களான நீலக் கல், லித்தியம் டான்ட்டலேட் முதலியன அறை வெப்பநிலைகளில், நுண்ணலை அதிர்வெண்வரை கூடப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

விளைவின் வகைகள். ஓரளவு இணையாகவும், ஒரே அலைநீளமாகவும் உள்ள ஓர் ஒளிக்கற்றையும், ஓர் ஒலி அலையும், ஒலி-ஒளியியற் பொருளில், ஒன்றையொன்று, 90° இல் மோதுவதாகக் கொள்ளலாம். இந்நிகழ்வில் ஒளிக்கற்றையின் 'விட்டம் ஒலியலையின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடும்போது குறைவாக இருத்தல் வேண்டும். இத்தகைய சூழ்நிலைகளில் அழுத்தமுள்ள ஒலியலையின் முகடுகளும் பள்ளங்களும் ஒளிக்கற்றையைக் கடந்து செல்லும் போது இந்த ஒளிக்கற்றை, தான் செல்லும் திசையிலிருந்து மாறி மாறி விலகியும் நெருங்கியும் செல்லுமாறு செய்யப்படுகிறது. ஒலியலை, இச்சமயத்தில் தன் ஊடே செல்லும் ஒளிக்கற்றைக்கு, ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடி ஏற்படுத்தும் விளைவினை உண்டாக்குகிறது. இந்த விளைவு, லேசர்களுக்குப் பயன்படும் ஒளித்திருப்பிகள் மற்றும் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. 500 கிலோ ஹெர்ட்ஸ்க்குக் குறைவான அதிர்வெண் கொண்ட ஒலி அலைகளே இவ்விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. அதிர்வெண் அதிகமாகி, அலைநீளம் ஒளிக்கற்றையின் விட்டத்துக்குச் சமமாகும்போது, ஒலியலையால் ஏற்படும் சலனங்களில் ஊடகம் குவி குழி வில்லைகள் போன்று மாறி மாறிச் செயல்படுகின்றது. இவ்விளைவும் சில லேசர் அமைப்புகளைக் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படும்.

ஒலியின் அலைநீளம், ஒளிக்கற்றையின் விட்டத்தைவிட, மிகவும் குறைவாக இருக்கும்போது ஊடகத்தின் நீளத்தில் விலகல் எண் கூடிக் குறைந்து ஒரு கீற்றணிபோல் செயல்படுகிறது. இதனால் ஒளிக்கற்றை ஒலியிலான கீற்றணியால் வளைக்கப்பட்டு தொடக்கத் திசையிலிருந்து ஒரு கோணத்தில் இடம் பெயர்ந்து புதிய திசைகளில் பரவும் ஒளிக்கற்றைகளாக ஆக்கப்படுகிறது. நீண்ட, குறுகிய பிளவுகளின் வரிசையைக் கொண்ட கீற்றணியில் வளைக்கப்பட்ட ஒளிக்கற்றையின் கோண இடமாற்றம், ஒளியின் அலைநீளத்தைப் பிளவுகளின் இடைவெளியால் வகுத்தால் வரும் ஈவுடன் விகிதத்தில் உள்ளதை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகச் சொல்லலாம். ஒலியினால் வளைக்கப்பட்ட ஒளிக்கற்றைகளில் கோணத் திருப்பம், ஒளி அலை நீளத்தை ஒலி அலை நீளத்தால் வகுத்தால் கிடைக்கும் ஈவின் விகிதத்தில் உள்ளது. எனினும், இதில் கீற்றணி நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது. ஆகையால், இது வளைக்கப்பட்ட ஒளிக்கற்றைகளின் ஒளி அதிர்வெண்ணில் டாப்ளர் நகர்வை ஏற்படுத்துகின்றது. இந்த நகர்வு பெரும்பாலும் ஒலி அதிர்வெண்ணுக்கு மிகச் சமமாக உள்ளது. வளைக்கப்பட்ட ஒளிக்கற்றைகளின் ஆற்றல், பொதுவாக ஒலியின் ஆற்றல் விகிதத்தில் உள்ளது.

பயன்கள். ஓர் ஒளிக்கற்றையின் (குறிப்பாக, ஒரு லேசர் கற்றை) வீச்சு, செல்லும் திசை அதிர்வெண் ஆகியவற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் ஒலியின் திறன், பல்வேறு பயன்தரு கருவிகளை உருவாக்கியுள்ளது. நன்கு வரையறுக்கப் பட்ட லேசரின் அதிர்வெண் திசை, ஒலி ஒளிக் கருவிகளில், முழு அளவில் நன்மை

தருமாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத்தகைய கருவிகள்' எதிர் வடிவ ஆய்வு செய்யும் கருவிகள், பதிவுக் கருவிகள், திரைப்படக் கருவிகள், பலவிதமான குறியீடுகள் செய்யும் கருவிகள், லேசர் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் ஆகியவற்றில் மிகு அளவில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

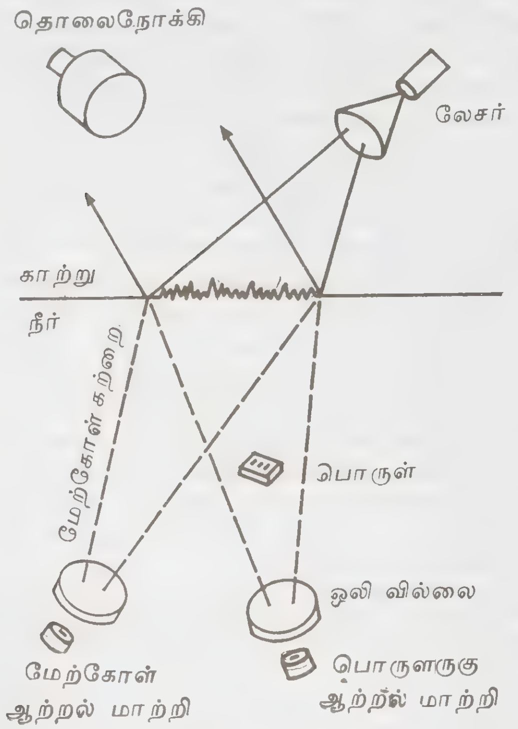
ஒலியை உண்டாக்கல். ஒலி அலையினால் ஏற்படும் சலனங்கள் ஒளி அலையில் மாற்றங்கள் ஏற்படுத்துவது போல் ஓர் ஒலி ஒளியியற் பொருளில், இரு ஒளிக்கற்றை களை ஒன்றோடொன்று வினைபுரியச் செய்து, ஒலி அலையை உருவாக்க இயலும் என்றும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. அதிக ஆற்றல் வாய்ந்த ஒரே நிறமுள்ள லேசர் கற்றைகள் இருப்பதால்தான் இந்த ஆய்வுகள் நிகழ்கின்றன.

-இ. வேங்கடசுப்பிரமணியன்

ஒலிக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப்படவியல்

இரு ஒலிக்கற்றைகள் குறுக்கிட்டுக் கொள்ளும் போது தோன்றும் குறுக்கீட்டு விளைவு முறையைப் (interference pattern) பயன்படுத்தி, அவற்றில் ஒரு கற்றையின் பாதையில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொருளின் உருத்தோற்றத்தை உருவாக்கும் முறை ஒலிக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப் படவியல் (acoustical holography) எனப்படும். இம்முறையில் மிகுந்த மெய்த் தன்மை வாய்ந்த, முப்பரிமாணத் தோற்றம் அளிக்கும் உருத்தோற்றத்தை உண்டாக்க முடிவதன் காரணமாக இம்முறையில் மிகுந்த கவனம் செலுத்தப் படுகிறது. இம்முறையில் ஓர் அலைக் குறுக்கீட்டு விளைவு முறையைப் பதிவு செய்ய வேண்டிய நிலை இருப்பதால் இதற்கு ஒலி, மின்காந்த அலைகள், நுண்ணலைகள் போன்ற எந்த ஓர் அலைத்தன்மை யுள்ள கதிர்வீச்சையும் பயன்படுத்த முடிகிறது. ஒலிக் குறுக்கீட்டு விளைவைப் பயன்படுத்தும் முறையில் பல ஆய்வுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. அவை மருத்துவத் துறையில் உடலுக்குள் தோன்றும் கட்டிகளைப் படமெடுக்க வாய்ப்புடையவையாகக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. நீருக்கடியில் மறைந்திருக்கும் பொருள் களைக் கண்டுபிடிக்கவும் கடலடித்தரைகளில் எண்ணெய்ப் படிவங்களைக் கண்டுபிடிக்கும் நில அதிர்வு முறைகளுக்குத் துணையாகவும் ஒலிக் குறுக்கீட்டுப்படமெடுக்கும் முறைகள் பயன்படும்.

அலைக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப் படம் என்பது ஆய்வுக்குரிய அலைக்கணத்திற்கும் ஒரு மேற்கோள் (reference) அலைக்கணத்திற்கும் இடையில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு முறையின் ஒளிப்படப் பதிவு ஆகும். எனவே இரு ஒலி அலைகளைக் குறுக்கிட வைத்துக் குறுக்கீட்டு முறையை உண்டாக்க முடியு மானால் ஒலி அலைகளின் உதவியாலும் முப் பரிமாணப் படங்களைப் பெற முடியும்.



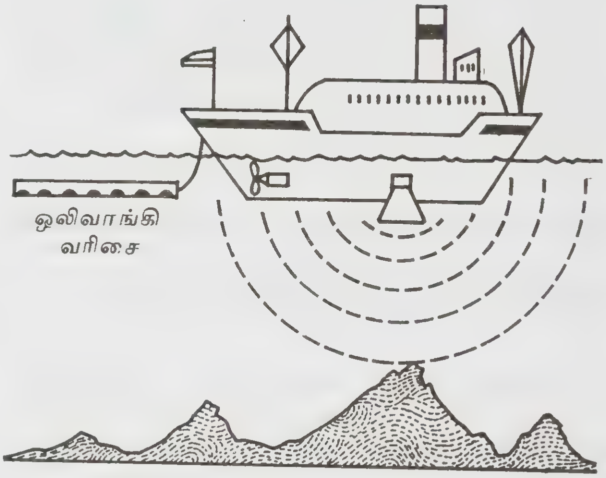
படம் 1. நீர்ப்பரப்பில் முப்பரிமாணப் பட அமைப்பு

படம் 1இல் காட்டியுள்ளது போன்ற அமைப்பில் இரு நீரடிக்குவார்ட்ஸ் படிக ஆற்றல் மாற்றிகள் (transducers) ஒலி மூலங்களாகப் பயன்படுகின்றன, ஒலிக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப் படவியல் முறையில் செய்யப்படுவதைப் போன்ற ஒளிப்படப் பதிவுகள் இம்முறையில் தேவைப்படா. எனவே ஒரு நிகழ்ச்சி நடந்து கொண்டிருக்கும் போதே அதைக் கண்ணால் பார்க்க முடியும். ஓர் ஆற்றல் மாற்றியிலிருந்து வரும் ஒலிக்கற்றை, காணவேண்டிய பொருளின் ஊடாகப் பாய்கிறது. பிற ஆற்றல் மாற்றியிலிருந்து வரும் ஒலிக்கற்றை மேற்கோள் கற்றையாகச் செயல்படும். இவையிரண்டும் நீர்மப் பரப்பில் ஒரு குறுக்கீட்டு விளைவு முறையை உண்டாக்குகின்றன, எனவே நீர்மப்பரப்பில் மிக நுண்ணிய, நிலைக் குற்றலைகள் தோன்றும். இவ்வாறு நீர்மப் பரப்பின் மேல் ஏற்படும் எந்திரவியல் உருக்குலைவுகள் ஒலிக்குறுக்கீட்டு விளைவின்போது தோன்றும் வரிகளைப் போலவே இருக்கும். ஒரு லேசர் கற்றையை நீர்மப் பரப்பின் மேல் செலுத்தினால் அது விளிம்பு விலகல் அடைந்து எதிர் ஒளிக்கும். அக்கற்றையை ஒரு தொலைநோக்கியின் மூலம் பார்த்தால் முப்பரி மாணப் படம் கண்ணுக்குத் தெரியும். இம்முறையில் எக்ஸ் கதிர்கள் மூலம் பெறப்படும் ஒளிப்படங்களை ஒத்த உருத்தோற்றங்களைப் பெற முடியும்.

மனித உடலின் பல உறுப்புகள் எக்ஸ் கதிர்களைக் கடத்தும் முறையிலிருந்து வேறுபட்ட ஒரு முறையில், உயர் அதிர்வெண் ஒலிக்கற்றைகளைக் கடத்துகின்றன. எனவே உடலின் உட்பகுதிகளைப் படமெடுக்க எக்ஸ் கதிர்களுக்குப் பதிலாக ஒலிக்கதிர்களைப் பயன்படுத்தும் நோக்கத்தில் பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. நீர்ம மேற்பரப்பு முப்பரிமாணப்படவியலில் மிகு விரைவு முன்னேற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. இவற்றால் எடுக்கப்படும் முப்பரிமாணப் படங்கள் வெவ்வேறு திசு வகைகளைப் பிரித்துக் காட்டுகின்றன. இரத்தக் குழாய்களை எக்ஸ் கதிர்ப் படமெடுக்கும்போது அவற்றுக்குள் எக்ஸ் கதிர்களைத் தடுக்கும் ஏதாவது ஒரு வண்ணத்தைச் செலுத்த வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு வண்ணம் புகுத்த வேண்டிய தேவையில்லாமலேயே ஒலிக்குறுக்கீட்டு விளைவு முப்பரிமாணப் படங்கள் ரத்தக் குழாய்களைத் தெளிவாகக் காட்டுகின்றன. இவற்றால் சாதாரணக் கட்டிகளையும் தெளிவாகக் கண்டுபிடிக்க முடியும். குறிப்பாகப் பெண்களின் மார்பகங்களில் தோன்றும் சிறிய கட்டிகளையும் சதை வளர்ச்சியையும் கண்டுபிடிக்க இக்கருவிகள் உதவுகின்றன.

கூட்டுத்துளை முப்பரிமாணப்படவியல் *(synthetic aperture holography)*: இந்த உத்தி முதலில் ராடாரில் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதில் ஒரு கதிர் வீசி (antenna) மிகவும் நிலையான அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட ஓரியல்பான குறியீட்டுத் துடிப்புகளை வரிசையாக வெளியிடுகிறது. அவை உயர்ந்த ஓரியல் புத்தன்மை கொண்டுள்ளமையால் அவை ஏதாவது ஒரு பொருளின் மேல் பட்டுத் திரும்பி வரும்போது அவை பயணம் செய்த தொலைவுக்குச் சம நீளமுள்ள ஒரு கதிர்வீச்சியிலிருந்து வெளிப்பட்டவை போல நடந்து கொள்கின்றன. இவ்வாறு நீளம் கூட்டப்பட்ட துளையிலிருந்து கிடைக்கும் பதிவுகள் மிகவும் நுண்ணிய தகவல்கள் அடங்கியவையாக இருக்கும். இத்தகைய உருத்தோற்றமாக்கும் உத்தி ராடார் தொழில் நுட்ப முறைகளுக்குப் பெரிதும் துணை செய்துள்ளது. இம்முறை ஒலி முப்பரிமாணவியலில் பயன்படக்கூடிய வாய்ப்புகள் பற்றி விரிவாக ஆராயப் பட்டுள்ளது. ஒலி மூலம் தொலைவு காணும் சோனார் (SONAR), நிலஅதிர்வு ஆய்வுகள், மருத்துவ ஒலியியல் உத்திகள் ஆகியவற்றில் அவை பெருமளவு பயன்படும். அவற்றை மருத்துவ அமைப்புகளில் பயன்படுத்தும்போது ஒலியியல் ஆற்றல் மாற்றிகளுக்கு அண்மையிலுள்ள உடலுறுப்புகளின் விரிவான உருத்தோற்றங்கள் கிடைக்கின்றன. அடுத்தடுத்த அடுக்குகளின் உருத்தோற்றங்களை ஒரே முப்பரிமாணப் படத்தில் பதிவு செய்வதன் மூலம் ஆய்வு செய்யப்படும் உடலின் உள்ளுறுப்புகளின் முப்பரிமாணப் பதிவுகளைப் பெறமுடியும்.

முப்பரிமாணப்படச் சோனார் *(holographic SONAR)*. நீருக்கடியில் மூழ்கியுள்ள பொருள்களின் இருப்பிடத்தையும், தொலைவையும் கண்டுபிடிக்கும் சோனார் கருவி முறைகள் ஒலிமுப்பரிமாணப் படவியலின் மூலம் பேருதவி பெற்றுள்ளன. இத்தகைய கருவிகள் கூட்டுத்துளை உத்தியையும் பயன்படுத்துகின்றன. அண்மையிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பிரித்துக் காட்டுவது இக்கருவிகளின் குறிப்பிடத்தக்க நன்மையாகும்.



படம் 2. ஒலி முப்பரிமாணப் படங்கள் மூலம் கடலடித் தரையை நோட்டமிடுதல்

புவியியற்பியல் கனிவளத் தேட்டையிலும் ஒலி அலைகள் பயன்படுகின்றன. புவிக்குள் செலுத்தப் பட்டு அடியிலுள்ள பாறைக் கட்டமைப்புகளில் பட்டு மீண்டு வரும் எதிரொலிகள் பகுப்பாய்வு செய்யப் படுகின்றன. அவற்றின் தன்மைகளிலிருந்து தரைக் கடியில் எண்ணெய் அல்லது எரிவளிமம் இருப்பதற் குரிய வாய்ப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. இங்கும் ஒலியியல் முப்பரிமாணப் படவியல் உத்திகள் உதவுகின்றன. தேவையற்ற தகவல்கள் பதிவாகாமல் தடுக்கும் முறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. கடலடி எண்ணெய்ப் படிவங்களைக் கண்டுபிடிக்கும் முறைகளில் நூறு அலைநீளங்களுக்குச் சமமான அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நீளமுள்ள ஒரு கம்பி வடம் (cable) ஒரு கப்பலுக்குப் பின்னர் இழுத்து வரப்படுகிறது. கப்பலிலுள்ள ஓர் உயர் திறன் ஒளி பரப்பி குறைந்த அதிர் வெண்ணுள்ள ஓரியல்பு ஒலி ஆற்றலை வெளியிடுகிறது. கடலடித் தரையிலிருந்தும், அதற்கும் அடியிலுள்ள புவியியல் படலங்களிலிருந்தும் எதிரொலிக்கப்படும் அல்லது சிதறப்படும் ஒலிக்குறியீடுகள் கம்பி வடத்தில் பொருத்தப் பட்டுள்ள ஒலி வாங்கிகளில் வாங்கப்படுகின்றன. அவற்றிலிருந்து உருவாக்கப்படும் ஒலி முப்பரிமாணப்

படங்களிலிருந்து தரையடி நிலைகளைப் பற்றிய தகவல்கள் பெறப்படுகின்றன.

கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒலிகடவாச் செவிடு

செவியில் கடுமையாக அடிபடுவதால் செவிப்பறை கிழிந்து செவிச் சிற்றெலும்புகளின் தொடர்ச்சி விட்டுப் போக ஒலிகடவாச் செவிடு (traumatic conductive deafness) ஏற்படுகிறது. செவியுள் தவறுதலாகச் சென்ற பொருளைக் கூர்மையான பொருளைக் கொண்டு எடுக்க முயற்சி செய்யும்போதும் செவிப்பறை கிழியலாம். குத்துச்சண்டையின் போதும், உள்ளங்கையால் செவிமடலோடு சேர்த்து அடிக்கும் போதும், ஆழ்கடலில் பாதுகாப்பின்றி மூழ்கும்போதும் செவிப்பறை கிழியலாம். நீரில் விளையாடும்போது, காதினுள் நீர் இருக்கையில் செவியில் அடித்தால் செவிப்பறை கிழியும். சளி பிடித்திருக்கையில் மிக அழுத்தத்துடன் மூக்கைச் சிந்துவதாலும், தொண்டை நடுச் செவிக்குழாயில் மிகஅழுத்தத்துடன் காற்றுச்செல்லும் போதும் செவிப்பறை கிழிய வாய்ப்புண்டு. காது கேளாமை, தலைசுற்றல், செவியிலிருந்து இரத்தம் வடிதல் ஆகியவை இந்நிலையின் அறிகுறிகள் ஆகும்.

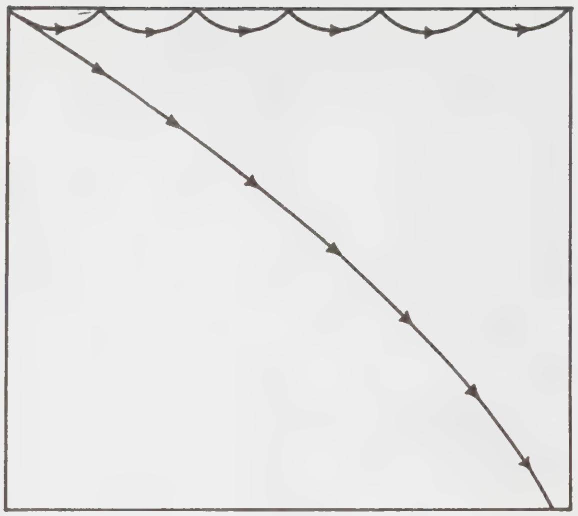
டி.எம். பரமேஸ்வரன்

ஒலி நீரடி

காற்றை விட நீரில் ஒலியின் திசைவேகம் மிகுதியாகும். நீரின் உப்புத் தன்மையையும் வெப்பநிலையையும் பொறுத்து ஒலியின் திசைவேகம் மாறுகிறது. மேலும் ஆழம் மிகும் போது திசைவேகமும் மிகும். கடலுக்கு அடியில் செல்லச் செல்லப் பொதுவாக வெப்பநிலை குறையும். எனவே, ஒலியின் பாதை வளைந்து காணப்படும். இந்நிலையில் ஒரு கப்பலிலிருந்து அனுப்பப்பட்ட ஒலியை நீருக்கு அடியில் குறிப்பிட்ட தொலைவில் உள்ள ஒலி வாங்கும் அமைப்பு ஏற்க முடியாமல் போகும்.

சில சமயங்களில் நீரின் மேற்பரப்பு குளிர்ச்சியாகவும் ஆழம் மிகும்போது இளஞ்சூடாகவும் இருப்பதுண்டு. இந்நிலையில் ஒலியலைகள் மேல் நோக்கி வளைகின்றன. ஒலியலை நீரின் அடிப் பகுதியில் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு தத்திச் செல்லும்.

நீருக்கடியில் ஒலியின் திசையை அறிவதற்குச் சில தனிப்பட்ட கருவிகள் பயன்படுகின்றன. கூம்பு வடிவத்தில் எக்காளத்தைப் போன்றமைந்த இணை



ஒலிநீரடி

யான அச்சுகளை உடைய இரு நீளமான குழாய்கள் கொண்ட ஒலி அமைப்பின் சிறு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்ட சிறு குழாய்கள் ஆய்வாளரின் காதுகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. ஆனால் இக் கருவியைப் பயன்படுத்த ஓரளவு பட்டறிவு தேவையாகும்.

நீருக்கடியில் செல்லும் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைப் பற்றி அறியவும், கடலின் ஆழம் அடிப்பகுதியின் தன்மை இவைபற்றி அறியவும் எதிரொலிப்புக்கருவி பயன்படுகின்றது. வெடிப்பு ஒலியலைகளைப் பயன்படுத்திக் கடலில் அவற்றின் திசைவேகத்தைப் பல ஆய்வாளர்கள் நுட்பமாகக் கண்டறிந்துள்ளனர். மார்ட்டி என்பார் நீருக்கடியில் நீரடி ஒலிவாங்கிகளை நேர் கோட்டு அமைப்பில் பயன்படுத்தி வெடிப்பு அலைகள் நீரில் பரவுவதை ஆய்வு செய்தார். அவர் முடிவின்படி 14.5°C வெப்பநிலையிலும் கடல் நீரின் அடர்த்தி 1.0245 கி/செ.மீ³ உள்ள போதும் நீரில் ஒலியின் திசைவேகம் 1503.5 மீ/நொடி ஆகும். அதற்குப் பின்னர் உட், பிரவுன் போன்றோர் கடலுக்கடியில் 19கி.மீ இடைவெளிகளைப் பயன்படுத்தி ஆய்வுகள் செய்தனர். இவர்களின் முடிவு ±0.001 நொடி நுட்பமானது. கோடையிலும் மழைக் காலத்திலும் பல ஆய்வுகள் செய்து ஒலியின் திசைவேகம் 16.95°Cஇல் 1510.4மீ/நொடி எனவும் 7°Cஇல் 1477.3மீ/நொடி எனவும் கண்டனர். இரு நிலைகளிலும் நீரின் உப்புத்தன்மை 35% இருந்தது. ஆய்வு முடிவுகளிலிருந்து ஒலியின் திசைவேகத்திற்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பைப் பின்வரும் கோவையின் மூலம் உணர்த்தலாம் எனவும் கண்டனர்.

திசைவேகம் $= 4756 + 13.8t - 0.12t^2$ அடி/நொடி நீர்முழ்கிக் கப்பல்களைக் கண்டறிய ரேடியோ-ஒலி மிதவை என்ற ஓர் அமைப்பைத் தற்போது பயன் படுத்துகின்றனர். வானவூர்தியில் பறக்கும் வானவூர்தி ஓட்டி ஏறத்தாழ 5.4 கி.கி. நிறையுள்ள ஒரு மிதவை யை நீரின் மேல் மிதக்குமாறு போடுவார். இம் மிதவையில் ஓர் உயர் அதிர்வெண் நீரொலிப்பான் இருக்கும். இது நீருக்கடியிலிருந்து (நீர் மூழ்கிக் கப்பலில் இருந்து) பெறும் ஒலிக்குறிப்புகளை வான வூர்திக்கு அனுப்பும். இத்தகைய பல மிதவைகளைப் பல இடங்களில் மிதக்கவிட்டு அவற்றிலிருந்து வரும் குறிப்புகளின் செறிவைக் கொண்டு எதிரியின் நீர் மூழ்கிக் கப்பல் இருக்கும் இடம் அறியப்படும். இரு எந்திரக் காதுகளைக் கொண்ட ஒரு புதிய கருவிய மைப்பு நீரிலிருந்து வரும் ஒலியை அறியப் பயன்படு கிறது. இதில் இரு காதுகளையும் வந்தடையும் ஒலிக் குறியீடுகளின் நேர வேறுபாட்டையும் செறிவையும் பொறுத்துக் கருவியையே-மனிதன் திரும்புதல் போல ஒலி மூலத்தை நோக்கித் திருப்பும் அமைப்பு உள்ளது.

கடலின் ஆழம் அல்லது கடல் மட்டத்திலிருந்து ஒலியைத் திருப்பி அனுப்பும் பொருண்மையுள்ள தடுப்பின் ஆழத்தை அறிய ஒலியலை ஒன்றைக் கீழ் நோக்கி அனுப்பித் திரும்பவரும் ஒலியைக்கொண்டு அளக்கலாம். ஒரு துடிப்பு அலை அல்லது ஒலியலையை மிகுதியான அலை நீளமுள்ளதாக அமைத்து நீருக் கடியில் செலுத்தும்போது அவ்வலை அங்குள்ள பொருளின் மீது பட்டு மீளும். இவ்வலையின் செறிவு மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே ஒரு கப்பலுக்கு அருகில் உள்ள பனிக்கட்டி மலைகளையோ கப்பல் களையோ அறிய முடியாமல் போகலாம். இக்குறை பாட்டை நீக்க மிக உயர் அதிர்வெண்ணும், குறைந்த அலைநீளமும் உடைய செவியுணரா ஒலியலைகளைப் பயன்படுத்தலாம். இதற்குச் செவியுணரா ஒலியலை களைக் கொடுக்கும் அழுத்தமின் குவார்ட்ஸ் ஒத்ததிர்விகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

எதிரொலி அமைப்புகளிலிருந்து தொலைவு மட்டும் கணக்கிடப்படுவதில்லை. கடல் படுகையின் தன்மை குறித்த விவரங்களும் மீண்டு வரும் ஒலி அலையில் அடங்கியிருக்கும். மீளும் அலை மிகத் தெளிவாக இருப்பின் கடினமான படுகையிருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அது தெளிவற்றதாக இருப்பின் சென்ற அலையின் ஒரு பகுதி மென்மையான அடிப்பகுதியில் ஊடுருவிச் சென்று பின் மீள அனுப்பப்படுகிறது எனக் கருதலாம்.

- வ. மணிவண்ணன்

ஒலி நுட்பவியல்

இது ஒலி பற்றிய தொழில் நுட்பம் அல்லது மீட்சியி யல் அலை இயக்கத்திறனை அளப்பதற்கும், கட்டுப் படுத்துவதற்கும், செயல்முறைக்கும் தொடர்பான தகவல்களைக் கூறுகிறது. இது ஒலி அறிவியலின் செயல் முறைநுட்பம் குறித்து விளக்கும் ஒரு பகுதி யாகும். இது ஒலியைக் கேட்கும் விதம் பற்றி ஆயும் ஒலியியல் பிரிவினின்று வேறுபட்டதாகும். மீ ஒலியி யல் (ultrasonics) என்பது ஏறத்தாழ 20,000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வுக்கும் மிகுதியான அதிர்வு கொண்ட ஒலியைக் குறிக்க வழங்கும் சொல்லாகும். காண்க, மீயொலி.

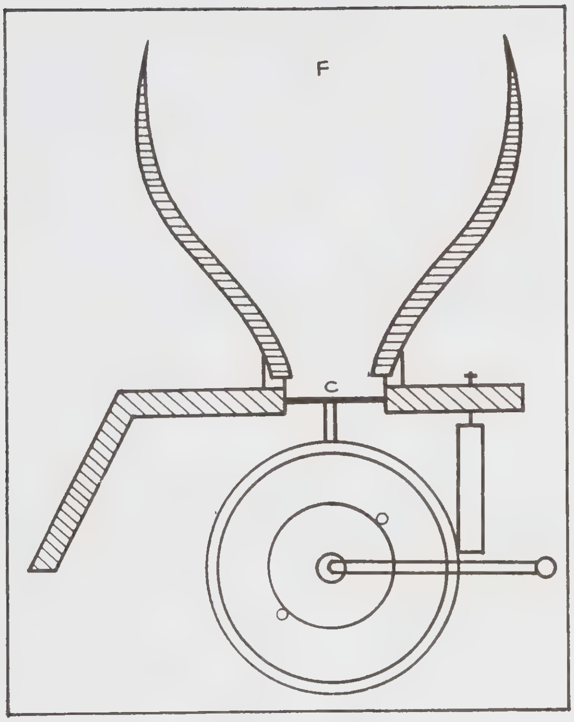
அக ஒலியியல் (infra sonics) என்பது 15 ஹெர்ட் ஸிக்குக் குறைவான அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட ஒலியைக் குறிக்க வழங்கும் சொல்லாகும். இவ்வொலி கள் ஒலியினும் தாழ்ந்த (susonic sounds) அதிர்வுகள் கொண்டவை எனவும் குறிக்கப்படும். கடலியல் (oceanography) புவிநடுக்கவியல் (seismology) ஆகியன பற்றிய சிக்கலான புதிர்களும், வன்மை கொண்ட பொருள்களின் இயங்கு விசை போன்ற விளைவுகளும், அகஒலி அலை அதிர்வுகளாகக் கொண்டு ஆய்வு செய்யப்படுவதால் செம்மையாக விளக்கப்படுகின்றன. காண்க அக ஒலி, ஒலி.

- சு. மகாதேவன்

ஒலிப்பதிவு

முதன் முதலில் ஒலியைப் பதிவு செய்தவர் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் என்னும் அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞ ராவார். அவர் பயன்படுத்திய ஒலியைப் பதிவு செய் யப் பயன்படும் கருவி ஃபோனோகிராப் எனப்படும். இக்கருவியில் ஒலி அலைகள் ஒரு புனலின் வழியாகச் சென்று மைக்காவினால் செய்யப்பட்ட ஒரு மெல்லிய இடைத்திரையை அசைவுறச் செய்கிறது. ஒரு கூரிய முனை உள்ள டங்ஸ்டன் ஊசி, இடைத்திரையின் மையத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு சுழலும் தட்டின் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள மெழுகுத்தட்டின் மேல் இந்த ஊசியின் கூரிய முனை வைக்கப்பட் டுள்ளது.

ஒலி அலைகள் இடைத்திரையின்மீது மோதும் போது அது அதிர்வடைகின்றது. இதனால் கூரிய ஊசி மெழுகுத் தட்டின் மேல், மேலும் கீழுமாக அதிர்வுப் பள்ளங்களை (groove) உண்டாக்குகிறது. இந்தப் பள்ளங்களின் அகலம் வேறுபட்டாலும் ஆழம் ஒரே சீராக இருக்கும். இது வட்டத்தட்டின் விளிம்பின் ஓரத்திலிருந்து மையம் வரை செல்கின்றது. இந்த மெழுகுத் தட்டின் மேல் கிராஃபைட் தூள் தூவப்பட்டு மின்கடத்தியாக்கப்படுகிறது. இதன் மீது மின்னாற் பகுப்பு முறைப்படி தாமிர முலாம் பூசப்படுகிறது. பள்ளமாக உள்ள பாதைகளில் படிந்த மேடான பாதைகள் அதிர்வுப் பதிவுகளை

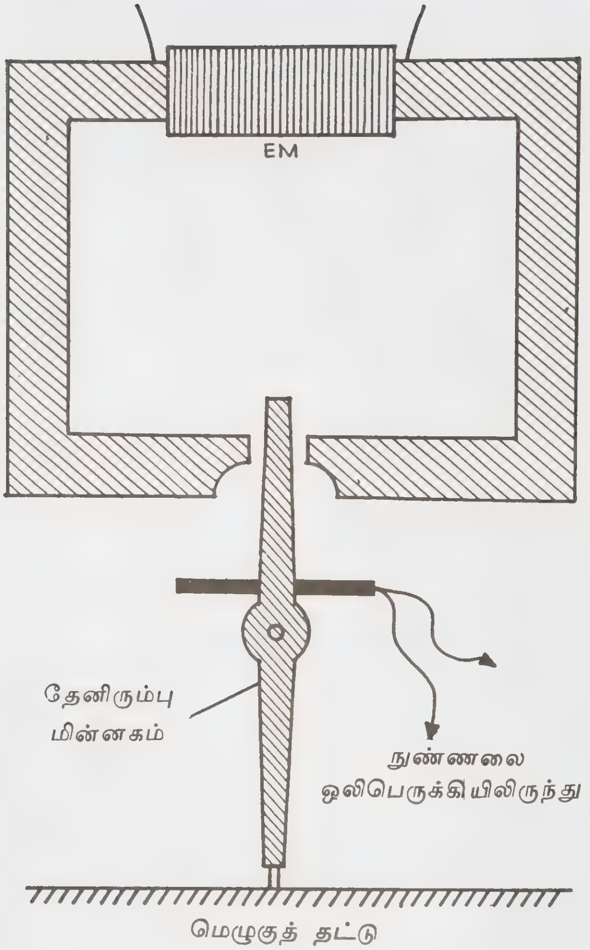


படம் 1. எடிசன் பயன்படுத்திய ஒலிப்பதிவுக்கருவி.

கொண்டுள்ளன. மேலும் தாமிரம் செலுத்தப்பட்டு இத்தட்டு வலிவாக்கப்படுகின்றது. இது முதன்மைப் பதிவு (master record) என்று கூறப்படுகின்றது. இதை மறிநிலைப்படிவம் (negative) என்பர். இதே போன்று இரு வேறான பதிவுகளுக்கான தலைமைப் பதிவுகளுக்கிடையில் எளிதில் இளகும் ஞெகிழிப் (plastic) பொருளை வைத்து வெப்பத்தோடு அழுத்தினால் கிராமஃபோன் தட்டு (gramophone record) உருவாகும்.

தற்கால ஒலிப்பதிவு முறை. தற்போது மின்பதிவு முறையில் கிராமஃபோன் தட்டுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. மேலும் நாடாப் பதிவு கருவிகள் ஒலியைப் பதிவு செய்வதற்குப் பயன்படுகின்றன.

மின்பதிவு முறை. (electric recording). நுண்ணலை ஒலிபெருக்கியில் மின்னோட்ட அதிர்வுகளை ஏற்படுத்துகின்றனர். இங்கு அதிர்வின்போது ஏற்படும் மின்னோட்டத் துடிப்பினால் ஊசி அதிரக்கூடிய ஒலிப்பெட்டி பயன்படுத்தப்படுகிறது. சிறந்த மின்னணுக் கருவிகளைக் கொண்டு ஒலிப்பெருக்கம் செய்யப்பட்டுபதிவு செய்யப்படுகிறது. வட்டத்தட்டுச் சுழல மின்னோடிகள் பயன்படுகின்றன. ஒலியைப் பெற ஒலிப்பெட்டியில் மின் தூண்டல் ஏற்படுத்தி அதிர்வுக்கேற்ற துடிப்பு மின்னோட்டம் ஏற்படுத்த மின்னணுக் கருவி அமைப்புகள் உள்ளன.

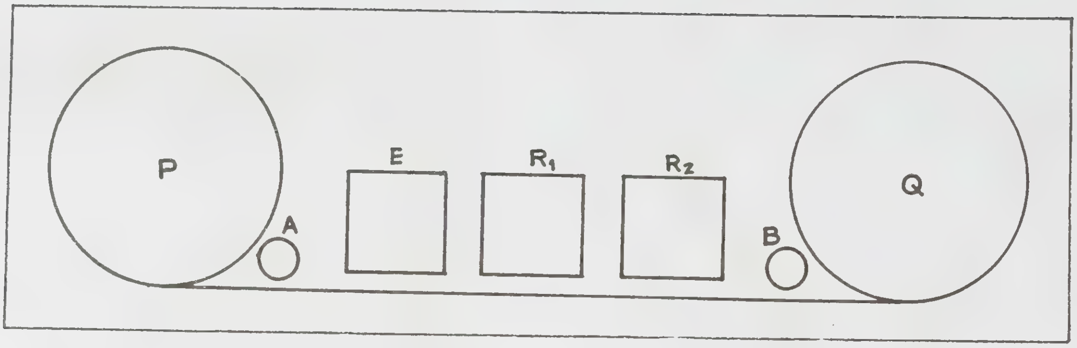


படம் 2

கிராமஃபோன் தட்டுகள் இப்போது நிமிடத்திற்கு 78, 45, 33/3 சுற்றுகள் சுழலும்படியாக செய்யப்பட்டுள்ளன. தற்போது எல். பி. ரிக்கார்டுகள் கிடைக்கின்றன. இது நிமிடத்திற்கு 16 சுற்றுகள் வீதம் சுழலும். இதில் பதிவாகியுள்ள ஒலியைத் தொடர்ந்து 30 நிமிடங்கள் கேட்கலாம்.

நாடா ஒலிப்பதிவு

நாடாப் பதிவு கருவியின் உறுப்புகளும் ஒலிப்பதிவு முறையும். போல்சன் (Poulson) என்பார் முதன் முதலாக எஃகின் காந்தப் பண்புகளைஒலிப்பதிவுக்குப் பயன்படுத்தினார். எஃகும், இரும்பு ஆக்சைடும் காந்த ஆற்றலைத் தேக்கி வைத்திருக்கும் (reteutivity) தன்மையையும் ஓர் எதிர் ஆற்றலைச் செலுத்தினால் தேக்கி வைக்கப்பட்ட பண்பை இழக்கும் தன்மையையும் கொண்டவை. முதன் முதலில் எஃகு கம்பிகளில் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டது. இப்போது நாடாக்கள் மட்டுமே பயன்படுகின்றன. இக்கருவியின் உறுப்புகள் பின்வருமாறு:



படம் 3. ஒலிப்பதிவுக் கருவி

ஞெகிழியால் செய்யப்பட்ட நாடாவின் மீது சிறந்த இரும்பு ஆக்சைடு ஒரே சீராகத் தடவப்பட்டுள்ளது. நாடா சீரான வேகத்துடன் ஒரு சிறிய மின்னோடியின் உதவியால் ஓட்டப்படுகின்றது. நாடாவில் முன்பே ஒலிப்பதிவு செய்தவற்றை அழிக்கக் காந்த ஆற்றலை அழிக்கும் ஒரு கருவி (wiping head) உள்ளது. பதிவுக் கருவி (recording head), பேச்சு அல்லது இசையை ஒலிப்பதிவு செய்வதற்காக அமைந்துள்ளது. இது ஒலி வாங்கியிலிருந்து வரும் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் மின் அதிர்வுகளைக் கொண்டு உண்டாக்கப்படும் காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்திக் கொடுக்கும். அந்தக் காந்தப் புலத்தைக் கொண்டு பதிவு செய்யப்படுகின்றது. நாடாவிலுள்ள காந்தப்புலம் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைத் தோற்றுவிக்கக்கூடியது. அந்தக் காந்தப்புல வேறுபாட்டில் அதிரும் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தி அவ்வதிர்வைத் தோற்றுவிக்கக்கூடிய ஒரு பகுதி (play back head) உள்ளது. ஒலியின் அதிர்வுக்கேற்ப மின்னோட்டத்தை மிகுந்த ஒலியாக மாற்றக்கூடிய மிகைப்பியையும் (amplifier), ஒலிபெருக்கியையும் (loud-speaker) கொண்டுள்ளது.

ஒலிப்பதிவு. ஒரு நாடாப் பதிவு எந்திரத்தில் ஒலிப்பதிவு செய்யும் முறையை விளக்கலாம். இதில் ஒலிப்பதிவு இணைப்பு மாற்றியைத் (switch) தட்டிய உடனே நாடா ஒலிப்பதிவு வேகத்தில் ஒரு திசையில் ஓடுகின்றது. இதில் P,Q என்ற இரு வட்டுகள் (disc) உள்ளன. இணைப்பு மாற்றியைத் தட்டியவுடன் ஒலிப்பதிவு நாடா P என்ற வட்டிலிருந்து Q என்ற வட்டிற்குச் செல்கிறது. AB என்பவை நாடாவை ஒரே சீரான நிலையில் வைக்கின்றன. இவை சுழல் சக்கரங்களாகும். நாடா ஒரே சீரான நிலையில் வைக்கப்பட்டவுடன்E என்ற அழிக்கும் கருவியும் (wiping head), ஒலிப்பதிவுக் கருவி R உம், நாடாவிற்கு அருகில் தள்ளப்படுகின்றன. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் வேகமாக மாறும் காந்தப்புலத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் அழிக்கும் கருவியால் முன்பே பதிவாகியுள்ள அமைப்புகள் கலைக்கப்படுகின்றன. ஒலிப்பதிவு மின் காந்தத்திற்கு நுண்ணலை ஒலிவாங்கியில் (microphone) இருந்து மின்னோட்டம் மிகைப்பியின் மூலம் வரும். செவி உணர் அதிர்வு எண் (audio frequency) அலைகளைக் கொண்ட மின்னோட்டம் நாடாவில் உள்ள காந்தப் பொருளைக் காந்தமாக்குகின்றது. இதன்காந்தத் தன்மை, ஒலிக்கு ஏற்ப அமைந்திருக்கும். ஒலிப்பதிவு முடிந்ததும் ஓர் இணைப்பு மாற்றியின் உதவியால் நாடாவின் ஓட்டம் நிறுத்தப்படுகிறது. வேறோர் இணைப்பு மாற்றியின் உதவியால் Qயிலிருந்து Pக்கு நாடா திரும்பிச் செல்வதற்கான அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது.

ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட ஒலியைத் திரும்பவும் பெற ஒலி மீட்பு என்ற வேறோர் இயக்கம் தேவைப்படுகிறது. ஒலிப்பதிவின்போது இயக்கிய வேகத்திலும் திசையிலும் நாடா செல்கிறது. R_2 என்ற ஒலி மீட்புக் கருவி நாடாவின் அருகில் வருகின்றது. அதிலுள்ள கம்பிச்சுருள் நாடாவில் உள்ள வேறுபட்ட காந்தப் புலத்தால் மின்தூண்டல் அடைகின்றது. இதனால் ஏற்படும் அதிர்வு மின்னோட்டம், மிகைப்பிக்கு அனுப்பப்பட்டுப் பிறகு ஒலிபெருக்கியை(loud speaker) அடைகின்றது. எனவே ஒலிபெருக்கியில் பதிவு செய்யப்பட்ட ஒலியை மாறுதல் இன்றிக் கேட்கலாம்.

- வி.சி. பழனி

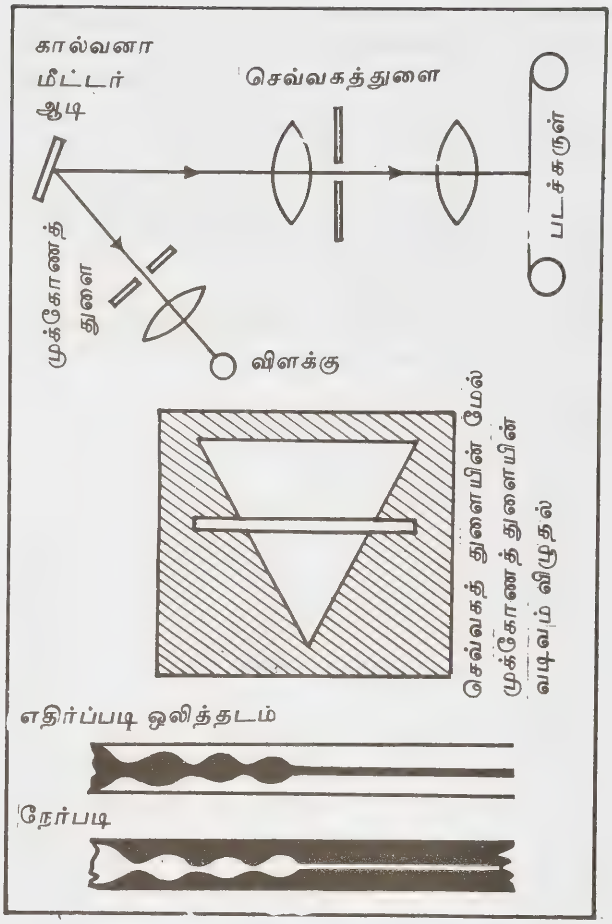
ஒலிப்பதிவுத் தடம்

திரைப்படப் பதிவுச் சுருள்களில் ஒலிக் குறியீடுகளை ஒளிச்செறிவு அல்லது காந்தப் புல வேறுபாடுகளாக மாற்றி அவற்றைப் பதிவு செய்து படத்தைத் திரையிடும்போது அவற்றை மீண்டும் ஒலிக் குறியீடுகளாக மாற்றுவர். திரைப்படச்சுருளின் ஓரங்களில் இதற்காக ஒதுக்கப்பட்டுள்ள மெல்லிய பட்டையிடம்

ஒலிப்பதிவுத் தடம் (sound track) எனப்படும். ஒலி வாங்கிகளிலிருந்து வரும் மின் குறியீடுகள் ஒரு திறன் பெருக்கியில் (power amplifier) செலுத்தப்படுகின்றன. திறன் பெருக்கி ஓர் ஒளிப்பண்பேற்றியை (light modulator) இயக்குகிறது. அது திறன் பெருக்கியி லிருந்து வரும் மின்குறியீடுகளுக்கு ஏற்ற வகையில் ஒளிச்செறிவை ஏற்றி இறக்கி ஒளிப்படப்படலத்தில் பதிவு செய்கிறது. உரப்புக்காட்டி, (volume indicator), இட்டு நிரப்பும் சமனி (complementary equalizer), மிகைக்கட்டுப்பாட்டுத் (gain control) திறன் பெருக்கி, ஒலிபெருக்கி அல்லது காதொலியன் ஆகியவை அடங்கிய ஒரு கண்காணி அமைப்பு ஒலிப்பதிவுச் செயல் பாட்டை நடத்துகிறது.

ஒலிப்பதிவில் மாறுபரப்பு முறை (variable area) மாறு அடர்த்தி முறை என இரு முறைகள் உள்ளன. மாறுபரப்பு முறை ஒலிப்பதிவு அமைப்பில் கடத்தப் பட்ட ஒலியின் வீச்சு, நேர் படியில் ஒளிபடாத பரப் பளவின் ஒரு சார்பெண்ணாக இருக்கும். இவ்வகை யான ஒலிப்பதிவுத் தடம் ஓர் ஆடி கால்வனாமீட்டரின் (mirror galvanometer) உதவியால் உண்டாக்கப் படுகிறது. மாறுபரப்பு ஒலிப்பதிவு அமைப்பு, படம்-1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு முக்கோண வடிவத் துளை விளக்கு வில்லைஅமைப்பால் சீராக ஒளி யூட்டப்படுகிறது. அதன் வடிவத்தைக் கால்வனா மீட்டரில் உள்ள ஆடி எதிரொலித்து ஒரு மெல்லிய செவ்வகத் துளையின் மேல் குவிக்கிறது. செவ்வகத் துளையின் வடிவம் அதற்கு அடுத்துள்ள ஒளிப்படப் படலத்தின் மேல் குவிக்கப்படுகிறது. கால்வனா மீட்டரின் ஆடி, படத்தின் தளத்திற்கு இணையான ஓர் அச்சைச் சுற்றிச் சுற்றுகிறது. செவ்வகப் பிளவின் மேல் விழும் முக்கோணக் கற்றை மேலும் கீழுமாக நகர்கிறது. இதனால் செவ்வகப் பிளவிலிருந்து வெளிப்பட்டு ஒளிப்படப் படலத்தின் மேல் விழும் செவ்வகக் கற்றையின் நீளம் மாறிக் கொண்டே யிருக்கும். இதன் விளைவாக எதிர்ப்படியில் (negative) ஒளிபட்ட பகுதியின் அகலம் கால்வனா மீட்டரின் சுழல் அதிர்வுகளுக்கு ஒத்து அமையும். நேர் படியில் ஒளி படாத பகுதியின் அகலம் ஒலிக் குறியீட்டுக்கு நேரிணை அளவில் இருக்கும்.

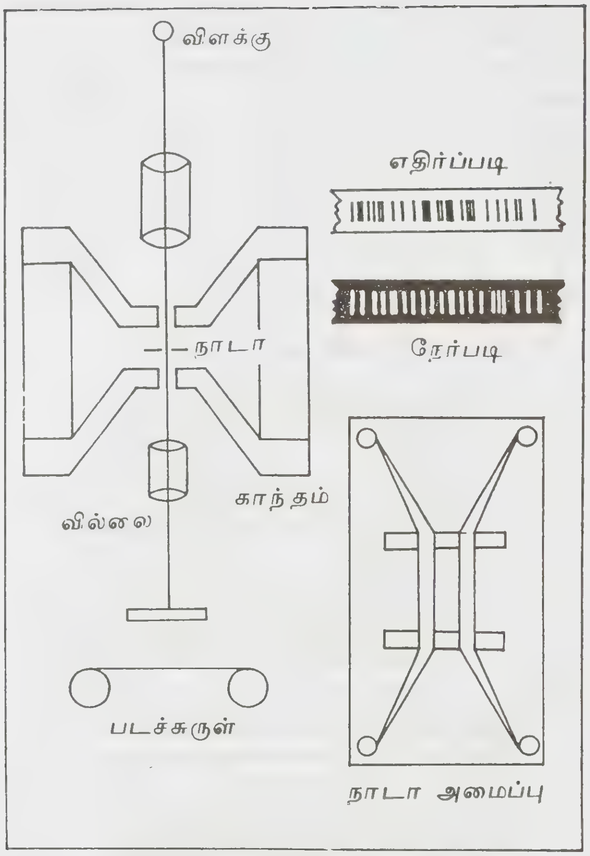
மாறு அடர்த்தி முறையில் கடத்தப்பட்ட ஒளி யின் வீச்சு நேர்படியில் ஒளிபட்ட அளவுக்குத் தலை கீழ்ச் சார்பெண்ணாக அமைந்திருக்கும். இவ்வகை ஒலித்தடம் ஓர் ஒளிக்குழாய் (light valve) மூலம் உண்டாக்கப்படுகிறது. அது நகரும் ஒளிப்படப் பட லத்தின் மேல் விழும் ஒளியின் பொலிவை, ஒலிச் சைகைக்கு ஏற்ற வகையில் மாற்றுகிறது. இத்த கைய ஓர் ஒலிப்பதிவு அமைப்பு, படம் 2-இல் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஒளிக்குழாயில் இரு நாடாக்கள் உள்ளன. அவை ஒரு விளக்கு வில்லை அமைப்பால் ஒளியூட்டப் படுகின்றன. இரு நாடாக்களுக்கும் இடையிலுள்ள பிளவின் உருவம் ஒளிப்படப் படலத்தின் மேல்



படம் 1

குவிக்கப்படுகிறது. நாடாக்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளி மிகுந்தால் இவ்வுருத்தோற்றத்தின் பொலிவு மிகுதியாகும். இடைவெளி குறைந்தால் பொலிவும் குறையும். அதற்கு ஏற்றவகையில் ஒளிப் படப் படலத்தில் தோன்றும் கருமையும் மிகுதியாக அல்லதுகுறைவாக இருக்கும். அதை வைத்து எடுக்கப் படும் நேர்படியில் கருமையின் அளவு ஒளிக்குழாய்க்குச் செலுத்தப்பட்ட மின் குறியீட்டுக்குத் தலைகீழ்ச் சார்பெண்ணாக அமையும்.

பேசும் படங்களை எடுக்கும்போது படங்களும் ஒலிகளும் வெவ்வேறு நாடாக்களில் பதிவு செய்யப் படுகின்றன. எனவே ஒளிப்பதிவுக் கருவியையும் ஒலிப் பதிவுக் கருவியையும் நேர ஒற்றுமைப்படுத்த வேண்டும். ஒளிப்பதிவுக் கருவிக்கும், ஒலிப்பதிவுக் கருவிக்கும் இடையில் உள்ள ஒரு தொடர்பேற்படுத் தும் அமைப்பு இதைச் செய்கிறது. ஒளிப்படக் கருவி யிலும் ஒலிப்பதிவுக் கருவியிலுமுள்ள பல் சக்கரங்களில் பொருந்தும் வகையில் திரைப்படச்சுருளின் இரு விளிம் புகளிலும் பற்சக்கரத்துளைகளை அமைத்திருப்பதும்



படம் 2

இதற்கு உதவுகிறது. 35 மில்லி மீட்டர் அகலம் உள்ள திரைப்படச்சுருளில் ஒலித்தடம் 0.1 அங்குல அகலமுள்ளதாகப் பற்சக்கரத் துளைகளை ஒட்டி உட்புறமாக அமைந்திருக்கும்.

திரைப்படம் திரையிடும்போது ஒலிமீட்புச் செய்ய ஒளிமின்கல அமைப்புப் பயன்படுகிறது. ஒரு கூரிய ஒளிக்கற்றைத் திரைப்படச்சுருளின் ஒலித்தடத்தின் வழியே சென்று ஓர் ஒளிமின் கலத்தில் விழுகிறது. ஒலித்தடத்தின் அடர்த்தி அல்லது பரப்பு மாறுபடுவதன் காரணமாக ஒளி மின்கலத்தில் விழும் ஒளியின் அளவும் மாறும். அதற்கேற்ற வகையில் ஒளி மின்கலத்திலிருந்து வெளியாகும் மின்னோட்டத்தின் வலிவும் மாறுபடுகிறது. அந்த மின்னோட்டத்தை முறையே பெருக்கி, வடிகட்டி, சமனிகள் ஆகியவற்றின் வழியே செலுத்தி ஒலிபெருக்கிகளில் ஒலியாக மாற்றி வெளியிடுகின்றனர். வடிகட்டிகள், படப் படலத்தின் தன்மை காரணமாக ஒளிச்சைகைகள் இல்லாதபோதும் தோன்றும் ஒலிகளை வடிகட்டிவிடும். சமனிகள் ஒலியின் அதிர்வெண் சிறப்பியல்புகளைத் தக்கபடி மாற்றியமைத்துத் திரைப்பட அரங்கில் மிகச் சிறந்த வகையில் ஒலி தோன்றுமாறு செய்கின்றன.

ஒளித்தடத்தை உருத்துலக்கம் (develop) செய்யும்போது ஏற்படும் தவிர்க்க முடியாத குறைபாடுகளின் காரணமாக ஒலியின் தன்மையில் குலைவு ஏற்படுகிறது. பதிவு செய்யும்போதும், படி எடுக்கும்போதும் சரியான அளவில் ஒளியைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக்குலைவைக் குறைக்கலாம். உருத்துலக்கும் செயல்முறைகளை நுட்பமாகச் சீர்படுத்தியும் குலைவைக் குறைக்கலாம். ஒளிப்படத்தகட்டின் குறுநொய்க் கட்டமைப்பின் காரணமாகவும் தேவையில்லா ஒலிகள் ஏற்படும். ஒளிப்படலத்தின் கீறல் அல்லது தூசு இருந்தாலும் இவை தோன்றும். ஒளிப்பதிவு செய்யும்போதும் ஒலி மீட்புச் செய்யும்போதும் படச்சுருள் சீராக ஓட்டப்படாவிட்டால் ஒலியின் தரம் குறைந்துவிடும்.

முப்பரிமாண ஒலிகளை வெளியிட ஒரே திரைப் படச் சுருளில் மூன்று அல்லது நான்கு காந்த ஒலித் தடங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. காந்த நாடாப் பதிவி (magnetic tape recorder) செயல்படுவதைப் போலவே இவற்றிலிருந்து ஒலியை மீட்கும் கருவியும் செயல்படுகிறது.

- கே.என். ராமச்சந்திரன்

ஒலிப்பியல்

பேச்சை உருவாக்கும் ஒலிகளைப் பற்றி ஆராய்வது ஒலிப்பியல் எனப்படும். ஒலி உற்பத்தி முறைகள், உணர் முறைகள், வகைப்படுத்தல், பட்டியலிடுதல் ஒலிகளின் இயற்பியல் சிறப்புப் பண்புகள், வெவ்வேறு மொழிகளிலும் பேச்சு வழக்குகளிலும் ஒலிகளில் காணப்படும் மாற்றங்கள் ஆகியவற்றை ஆராய்வதும் இதில் அடங்கும்.

எழுத்தில் ஒலிகளைக் குறிப்பிட எழுத்துருவங்கள் தேவைப்படுகின்றன. ஆனால் ஆங்கில வரி வடிவங்களில் பற்றாக்குறை காணப்படுகிறது. அவை உச்சரிக்க ஓரளவு வழிகாட்டினாலும், பல எழுத்துகளுக்கு வெவ்வேறு உச்சரிப்புகள் இருப்பது ஒரு சிக்கலாகும். அகராதிகளில் உச்சரிப்பு முறைகள் குறியீட்டு வடிவங்களாகக் (diacritical marks) குறிப்பிடப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். அனைத்து நாட்டு ஒலிப்பியல் கழகம் (International phonetic Association) இந்த நோக்கத்திற்கு வேறு வகையான குறியீடுகளைப் பயன்படுத்துகிறது.

சில ஒலிகள் ஒற்றை அலகுகளாகப் புலப்பட்டாலும் அவற்றைக் குறியீட்டுக் குழுக்களாகக் குறிக்க வேண்டியுள்ளது. சில கூட்டொலிகள் ஒரே குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகின்றன. ஆங்கிலம் தவிரப் பிற மொழிகளிலும் இக்குறியீடுகளில் சிலவற்றைப் பயன்

படுத்த முடியும். சில குறியீடுகள் தேவைப்படாமலும் இருக்கலாம். புதிதாகச் சில குறியீடுகளைச் சேர்க்க வேண்டிய தேவையும் ஏற்படலாம். இக் குறியீடுகளில் ஒவ்வொன்றும் ஓர் ஒலியனைக் (phonemes) குறிப்பிடும். மொழியைப் பயன்படுத்துவோர் ஒரு குறியீடு ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலியனைக் குறிப்பிடுவதாக இனம் கண்டு கொள்ள வேண்டும். வெவ்வேறு மொழிகளில் ஓர் ஒலியன் சற்றே மாறுபட்ட ஓசைகளுடன் உச்சரிக்கப்படலாம். ஒரே ஒலியன் வெவ்வேறு கூட்டுகளில் அமையும்போது அல்லது ஒரே மொழியை வேறு சிலர் பேசும்போது ஓசை மாறக்கூடும். ஓர் ஒலியனில் காணப்படும் சிறு வேற்றுமைகள் மாற்றொலிகள் (allophones) எனப்படுகின்றன. அனைத்து நாட்டு ஒலிப்பியல் குறியீடுகளும் பல்வேறு மொழிகளில் உள்ள ஏறத்தாழ அனைத்து உச்சரிப்புகளையுமே குறிப்பனவாக ஏற்றுக் கொண்டுள்ளனர், இக்குறியீடுகளில் எழுதப்படும் பேச்சொலி ஒலிப்பியல் எழுத்துப் பெயர்ப்பு (phonetic transcription) எனப்படும்.

ஒலிப்பியல் ஆய்வில் இக்காலத்தில் புதிய இயற்பியல் கருவிகளான எதிர்மின்வாய்க் கதிர் அலைவு காட்டி போன்ற கருவிகளும் பயன்படுகின்றன. அவற்றால் ஒலிகளில் கலந்திருக்கும் அதிர்வெண் ஆக்கக் கூறுகளைப் பகுப்பாய்வு செய்து ஒலிகளை வகைப்படுத்தவும், அவற்றிலுள்ள நுண்ணிய வேறுபாடுகளைப் பிரித்துணரவும் முடிகிறது.

மனிதன் பேசுகையில் பல ஒலிகள் தோன்றும். அனைத்து மொழிகளுக்கும் பேச்சொலிகள் உண்டு, அவற்றை அறிவியல் அடிப்படையில் ஆராய்ந்தால் தான் மொழியாராய்ச்சி முழுமை பெறும். பெரும்பாலான மொழிகளில், எழுதும் முறை பேசும் முறையோடு ஒத்திருப்பதில்லை. மொழியின் ஒலியன்களை வகைப்படுத்தி அதன் அடிப்படையில் எழுதினால் ஒத்து வரும். அனைத்து மொழியிலும் இச்சிக்கல் உள்ளது. பேசுவதை ஒலிமுறை தவறாமல் எழுதிக்காட்டும் கலை ஒலியியல் ஆகும். அதற்குச் சில அடிப்படைகளை வகுத்துக் கொண்டு ஒலிகளின் பிறப்பை விளக்கலாம். ஒலியுறுப்புகளால் எழுப்பப்படும் அனைத்து ஒலிகளையும் ஒன்று விடாமல் விளக்குவதே ஒலியியலின் குறிக்கோள் ஆகும்.

பிற மொழிகளைக் கற்கும்போது அவற்றைச் செம்மையாக உச்சரிக்கக் கற்றுக் கொள்ள வேண்டும். இது ஒலிக்கலையைக் கற்றுக் கொண்டால் எளிதாகும். அப்போது ஒலியுறுப்புகளின் வகை, அவற்றின் தொழில் ஆகியவற்றை அறிந்து பிற மொழி ஒலிகள் எவ்வாறு எழுதப்படுகின்றன என்பதை வகைப்படுத்தி எளிதில் உணர்ந்து கொள்ளவும், பிற மொழியில் காணப்படும் பல்வேறு ஒலிகளுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பு தொழில் ஆகியவற்றை வகைப்படுத்தவும் முடியும். ஒரே மொழியில் அனைத்து ஒலிகளும் இரா. சிலவற்றில் சில ஒலிகளே இருக்கும். சிலவற்றில் புதிய ஒலிகள் காணப்படலாம். ஆனால் ஒலியியல் அறிந்தோரால் அனைத்து ஒலிகளையும் இனம் காணவியலும்.

இயற்பியல் ஒலியியல் என்ற முறையில், பேச்சொலியின் இயற்பியல் தன்மைகள் ஆராயப்படுகின்றன. ஒலியுறுப்புகளின் அதிர்வுகளால் தோன்றும் ஒலி அலைகளை அறிவியல் கருவிகள் மூலம் ஆராயலாம். கேட்டொலியியல் (auditory phonetics) மனிதனின் கேள்திறனைக் கொண்டு மொழி ஆராயப்படும். வெவ்வேறு மனிதருக்குக் கேள்திறன் வேறுபடும். உச்சரிப்பொலியியலில் (articulatory phonetics) உதடு நா போன்ற ஒலி உறுப்புகளின் அசைவு அடிப்படையில் ஒலியின் தோற்றம் ஆராயப்படுகிறது.

ஒலியுறுப்பும் ஒலியும். உதடுகளின் செயலால் எழும் ஒலிகள் இதழொலிகள் (labials) எனப்படும், கீழ் உதடும் மேற்பல்லும் பொருந்தி வெளியிடும் ஒலி பல்லிதழ் ஒலி (labiodental) ஆகும். இரு உதடுகளை வெளியே பிதுக்கி எழுப்பும் ஒலிகள் இதழ்ப்பிதுக்கொலிகள் (protruded labials) ஆகும். பற்களை நாவாலும் இதழாலும் தொட்டு எழுப்பும் ஒலிகள் பல் ஒலிகள் எனப்படும். நுனி நாக்கின் மூலம் எழும் ஒலிகள் நுன் நாவொலிகள் (apicals) என்றும் நுனி நாக்கும் பல்லும் இணைந்து உண்டாக்கும் ஒலிகள் நுனி நாப்பல் ஒலிகள் என்றும், நுனி நாவும், நுனியண்ணமும் சேர்ந்து எழுப்பும் ஒலிகள் நுனி நா நுனியண்ண ஒலிகள் (apico-alveolar) என்றும், நுனி நாக்கும் இடையண்ணமும் சேர்ந்து எழுப்புபவை நுனி நா இடையண்ண ஒலிகள் (apico domal) அல்லது நாவளை ஒலிகள் (retroflex) என்றும் நுனி நாக்கை இரு பல் வரிசைகளுக்கிடையில் வைத்து எழுப்பும் ஒலிகள் பல்லிடை ஒலிகள் (apicointerdental or interdental) என்றும் குறிப்பிடப்படும்.

இடை நாவும் இடையண்ணமும் சேர்ந்து எழுப்பும் ஒலிகள் இடை நா இடையண்ண ஒலிகள் (lamino-palatals) அல்லது இடையண்ண ஒலிகள் (palatals) ஆகும். கடை நாவும் கடையண்ணமும் சேர்ந்து எழுப்புபவை கடைநா கடையண்ண ஒலிகள் (velar) ஆகும். மூச்சுக் காற்றை மூக்கின் வழியே செலுத்தி எழுப்பும் ஒலிகள் மூக்கொலிகள் (nasals) என்றும், வாய், மூக்கு ஆகிய இருவழிகளிலும் காற்று வெளிப்படும் போது எழுபவை மூக்குச்சாயல் ஒலிகள் (nasalised sounds) என்றும் கூறப்படும்.

ஒலி நாண்கள் அகன்றிருக்கும்போது காற்று வெளிப்பட்டால் அவை அதிரா. அப்போது எழும் ஒலி ஒலிப்பிலா ஒலி (voice less) எனப்படும். ஒலி நாண்கள் நெருங்கியிருக்கும்போது காற்று வெளிப்பட்டால் அவை அதிர்ந்து எழும் ஒலி ஒலிப்புடை ஒலி (voiced sound) எனப்படும்.

ஒலியுறுப்புகளில் நாக்கு, உதடுபோன்று அசைந்து ஒலியெழுப்புபவை ஒலிப்பான்கள் (articulators) எனப்படும். வாயின் மேற்பகுதி ஒலிப்பு முனை (point of articulation) என்றும் ஒலிப்பானும் ஒலிப்பு முனையும் தொடுகிற இடங்கள் ஒலிப்பிடங்கள் (position of articulation) என்றும் வழங்கப்படும். ஒலிப்பிடங்கள் வேறுபட்டால் ஒலிப்பு முறையும் (manner of articulation) வேறுபடும். ஒலிப்பு முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டு பேச்சொலிகளை உயிர் எனவும் மெய் எனவும் பிரிக்கலாம். நுரையீரலிலிருந்து வரும் காற்று,பிற ஒலியுறுப்புகளில் தடைப்படாமல் வெளிப்படும்போது தோன்றுபவை உயிரொலிகள் ஆகும். ஒலியுறுப்புகள் அதிர்ந்தோ, காற்றை அடைத்தோ, வெளிவரும் காற்றை அதிரச் செய்தோ எழுப்பும் ஒலிகளை மெய்யொலிகள் என்பர். மூக்கில் காற்று நுழையாத வகையில் வாயில் ஏதாவதோர் இடத்தில் காற்றை அடைத்துத் திடீரென விடுவிக்கும்போது தோன்றும் ஒலிகள் அடைப்பொலிகள் அல்லது வெடிப்பொலிகள் (stops or plosives) எனப்படும். இவற்றில் /p,b/ போன்ற ஈரிதழ் அடைப்பான், /t,d/ போன்ற பல்லடைப்பான், /ṭ/ போன்ற நுனி நா நுனியண்ண அடைப்பான், /ṭḍ/ போன்ற நாவளை அடைப்பான், /cj/ போன்ற இடை நா இடையண்ண அடைப்புரசுவான், /k,g/ போன்ற கடையண்ண அடைப்பான் ஆகிய வகைகள் உள்ளன. இவற்றில் நுனி நா நுனியண்ண ஒலியைத் தவிரப் ஏனைய ஐந்திலும் ஒலிப்புடைய அடைப்பானும் ஒலிப்பிலா அடைப்பானும் உள்ளன, மொழிக்கு முதலில் ஒலிப்புடை அடைப்பான்கள் பிற மொழிச் சொற்களில் வருகின்றன.

ஒலி நிலையில் (phonetic level) இவ்வொலியன்களின் உச்சரிப்பில் வேறுபாடுகள் உள்ளன. [č j] என்னும் இரண்டையும் அடைப்புரசொலிகள் (affricates) எனலாம். அவை ஒரே இடத்தில் அடைப்பொலியையும் உரசொலியையும் அம்முறையே தொடர்ந்து இடையீடின்றி ஓரொலி போல உச்சரிக்கப்படுபவையாகும். முன்தொண்டையில் காற்றை அடைத்து வெளிப்படுத்தும்போது ஏற்படும் ஒலி முன்தொண்டை அடைப்பொலி எனப்படும். ஒலி நாண்களில் காற்றை அடைத்து வெளிப்படுத்தினால் தோன்றும் ஒலிநாண் அடைப்பொலி, எப்போதும் ஒலிப்பிலா ஒலியாகவே வரும்.

வாய் அடைப்புகளில் காற்றை நிரப்பி உறிஞ்சுவதன் மூலம் உண்டாகும் உறிஞ்சடைப்பொலிகள் (suction stops, implosives) தமிழைத் தவிரப் பிற மொழிகளில் உள்ளன. கடையண்ணத்தையும் அதற்கு முன்னுள்ள ஓரிடத்தையும் அடைத்துக் கொண்டு நடுவிலுள்ள காற்றை அழுத்தி அல்லது நெகிழ்த்தி முன் அடைப்பைத் திடீரெனத் திறந்தால் பிறக்கும் ஒலி சொட்டை ஒலி (click) எனப்படும்.

அடைப்பொலிகளில் காற்றை விடுக்கும் முறையில் பல வகையுண்டு. கூரென விடுதலில் (sharp release) அடைப்பானை வேகமாகத் திடீரென நீக்கிக் காற்று வெளியிடப்படும். மூச்சோடு விடுதலில் நுரையீரல் அழுத்தத்தைப் பெருக்கி, காற்றுத் திடீரென வேகமாக வெளியேறும்படி ஒலிப்பான் திறக்கப்படுகிறது. அப்போது எழும் அடைபொலிகள் மூச்சுடை அடைப்பொலிகள் (aspirated stops) எனப்படும். உரசோடு விடுதல் (affricated release) என்ற வகையில் ஒலிப்பானை மெதுவாக நீக்கி அதே இடத்தில் சிறிய இடைவெளி மூலம் காற்றைச் செலுத்தி அக்காற்று அதிரச் செய்யப்படுகிறது. மூக்கோடு விடுதல் (nasal release) வகையில் வாயிலுள்ள அடைப்பைத் திறப்பதற்கு முன் உள்நாக்கைத் திறந்து காற்று மூக்கறையின் உள்ளே திடீரெனச் செலுத்தப்பட்டு வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. உச்சரிப்பில் நேரடியாகப் பங்கு கொள்ளாத ஓர் உறுப்பு பிறஉறுப்புகள் செயல்பட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது தானும் ஈடுபடலாம். கடையண்ணஒலியைஉச்சரிக்கும்போது உதடுகள் பிதுக்கப்படலாம். இவ்வாறு எழும் ஒலிகள் உதட்டின் சாயல் பெற்ற ஒலிகள் (labialized sounds) எனப்படும். இதே போல இடையண்ணச் சாயல் பெற்றவை (palatalized) கடையண்ணச் சாயல் பெற்ற ஒலிகள் (velarized) என்பனவும் உள்ளன.

உரசொலிகள் (fricatives) என்பவை காற்று வரும் வழியைக் குறுக்கி ஒரு சிறு இடுக்கின் வழியாகக் காற்றைச் செலுத்தி அக்காற்றை அதிரச் செய்யும் போது பிறக்கின்றன. அந்த இடுக்கு ஆழமின்றி வெடிப்புப் போன்றிருக்குமாயின் அங்கு தோன்றும் ஒலி பிளவு உரசொலி (slit fricative) எனவும் அது குழிந்திருந்தால் குழிவுஉரசொலி (groove fricative) எனவும் கூறப்படும். காற்றைப் பக்கவாட்டில் செலுத்தி அதிரச் செய்யும்போது அதை மருங்கு உரசொலி (lateral fricative) எனவும், தட்டையாக ஆழமாக அமைந்த இடுக்கின் வழியே எழும் உரசொலியைத் தட்டையுரசொலி (surface fricative) எனவும் கூறலாம்.

பேச்சுத்தமிழில் |sz| என்னும் இரு குழிந்த உரசுவான்கள் தென்படும். அடைப்பொலிகளிலும் உரசொலிகளிலும் காற்றுத்தடைப்படுவதால் இவற்றைத் தடையொலிகள் (obstruents) எனவும் கூறுவர். மூக்கொலிகள் என்பவை உதட்டிலிருந்து உள்நாக்கு வரை வாயில் ஏதாவது ஓர் இடத்தில் அடைத்துக்கொண்டு மூக்கின் அறை வாயிலைத் திறந்து காற்றை அதன் வழியாக வெளியிடும் போது பிறக்கின்றன. அவை உரப்புடன் தொடர்ந்து ஒலிப்பவை (sonorous) ஆகும்.

மூக்கொலிகள் ஒலிப்புடனும் ஒலிப்பில்லாமலும் பிறக்கலாம். ஒரு மொழியில் அடைப்பான்களின் எண்ணிக்கைக்கு மேல் மூக்கன்கள் இருப்பதில்லை. மூக்கனே இல்லாத மொழிகளும் உள்ளன. தமிழில் |m, n̪, n, ṇ ñ ṅ| என்னும் ஆறு மூக்கன்கள் உள்ளன.

மருங்கொலி (laterals) என்பது காற்றின் போக்கை நடுவிடத்தில் தடுத்துக் கொண்டு அதை இருமருங்கோ ஒரு மருங்குகோ செலுத்தும்போது பிறக்கும். மருங்கு உரசுவானில் இவ்வாறு செல்லும் காற்று அதிரும். இங்கு அத்தகைய காற்றதிர்தல் இல்லை. தமிழிலும் ஏனைய இந்திய மொழிகளிலும் நுனிநா நுனியண்ண ஒலிப்புடை மருங்கனும் |l|, நாவளை மருங்கனும் |l| காணப்படுகின்றன. மருங்கு ஒலிகளிலும் ஒலிப்புடை மருங்கொலிகளும் ஒலிப்பிலா மருங்கொலிகளும் உள்ளன. அவற்றை முறையே L, I என எழுதிக் காட்டலாம்.

ஆடொலி (trill) என்பது நெகிழக்கூடிய ஒலியுறுப்புகளை வேகமாக ஆட விடுவதால் எழும் ஒலியாகும். உதடு, நுனிநா, உள்நா இவற்றை இவ்வாறு ஆட்டலாம், |r| என்ற நா நுனி ஆடுவான் தமிழ் முதலிய இந்திய மொழிகளில் காணப்படுகிறது. ஆடொலியின் பிற வகை அடியொலி (flap) எனப்படும். இதை வருடொலி எனவும் கூறலாம். ஆடும் பகுதி ஒரே அடியுடன் நின்று விடுமாயின் அது அடியொலியாகும். தமிழில் ரகரம் அடியொலியாகவும், தனித்து வரும் றகரம் ஆடொலியாகவும் சிலர் பேச்சில் காணப்படும். உயிர்களின் இடையே டகரம் தனித்து வரும்போது நாவளை அடியொலியாகவே உச்சரிக்கப்படுகிறது.

மெய்யொலிகளின் வகைகள் முதல் அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளன. மேலே இடமிருந்து வலம் செல்லும் கட்டங்கள் ஒலிப்பிடங்களைச் சுட்டும். பெருங்கட்டங்கள் ஐந்தில் ஒவ்வொன்றும் மூன்று சிறு கட்டங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இவை ஒலிப்பு முனைகள் ஆகும். இவற்றில் நடுவில் தோன்றும் ஒலிக்கு எத்தகைய கூடுதலான குறியீடின்றியும் அதன் முன் தோன்றும் ஒலிக்கு அடியில் ஒரு கோடும், அதன் பின் தோன்றும் ஒலிக்கு அடியில் ஒரு புள்ளியும் இட்டுக் காட்டப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு கட்டத்தின் உள்ளேயும் காணப்படும் இரு குறியீடுகளில் முதல் வகை ஒப்பிலா ஒலியையும் ஏனையது ஒலிப்புடை ஒலியையும் குறிக்கும்.

மேலிருந்து கீழ் நோக்கிச் செல்லும் கட்டங்கள் ஒலிப்பு முறைகளைக் குறிக்கின்றன. இப்பட்டியலை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒலிகளின் பிறப்பை எளிதாகக் கூறலாம். மூச்சைக் கொட்டி ஒலிக்கும் ஒலிகளை b^h, b^h என்றோ, p^c, b^c என்றோ எழுதுவர். ஒலித்தசை அடைப்போடு எழும் ஒலிகளை p' b' எனக் குறிப்பர். உதட்டின் சாயல் பெற்ற ஒலிகளை k^w எனக் குறியீட்டுடன் எழுதுவர். அண்ணச் சாயல் பெற்ற ஒலிகள் t^y, k^y என்னும் குறியீட்டுடன் எழுதப்படும். உச்சரிப்பின் மாத்திரையைக் காட்டுவதற்கு t. t: என மாத்திரையளவிற்குத் தக்கவாறு புள்ளிகளிட்டு எழுதுவர். அல்லது t tt என இரட்டித்தும் எழுதலாம். வெளிப்படா ஒலிகளை (unreleased) t7 k7 என எழுதுவர்.

உயிரொலிகள் (vowels). உயிரெழுத்துகளின் உச்சரிப்பில் உதடுகளின் வடிவம், நா அண்ணத்தை நோக்கிச் செல்லும் உயரம், நா முன்னோக்கிச் செல்லும் அளவு ஆகியவை சிறப்புப் பங்கு பெறும். அத்துடன் மூக்கறை வாயிலைத் திறந்தோ அடைத்தோ வைத்துக் கொள்வதாலும், நாவின் விறைப்பாலும் வளைவாலும் உயிரெழுத்துகளின் தன்மை மாறும். u, uu, O, OO என்னும் உயிர்களை உச்சரிக்கும்போது உதடுகள் குவியும். இவை இதழ் குவியுயிர்கள் (rounded vowels) i, ii, e, ee என்னும் உயிர்கள் விரிந்த அல்லது இயற்கையாக இருக்கும் உதடுகளால் உச்சரிக்கப்படுபவை. இவை இதழ் குவியா அல்லது இதழ் விரி உயிர்கள் (unrounded vowels) எனப்படும். i e ɛ a ஆகியவற்றை உச்சரிக்கும் போது கீழ்த்தாடை படிப்படியாகக் கீழிறங்கும். நுனி நா முன் அண்ணத்திலிருந்து படிப்படியே முன்னிருந்து கீழே இறங்கி வர இவ்வொலி வேறுபாடுகள் எழும். இதைப் போல u o ɔ a என்ற உயிர்களை உச்சரிக்கும்போது கடை நா கடையண்ணத்திலிருந்து படிப்படியாகக் கீழிறங்கும்.

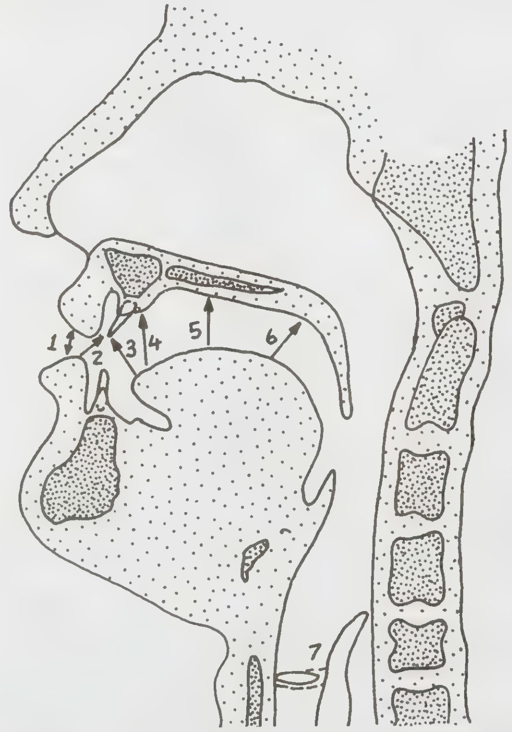
அட்டவணை 2

	முன்		நடு		பின்	
	இதழ்விரி	இதழ்குவி	இதழ்விரி	இதழ்குவி	இதழ்விரி	இதழ்குவி
மேல்	i	ü=y	±	u̇	ï=ɯ	u
கீழ் மேல்	ɪ	ʊ̈	ɪ̵	ʊ̇	ɪ̈	ʊ
மேலிடை	e	ö	ė	ȯ	ë=ɤ	o
நடுவிடை	Ė	Ω̈	Ė=ə	Ω̇	Ë	Ω
கீழிடை	ɛ	ɔ̈	ɛ̇	ɔ̇	ɛ̈=ʌ	ɔ
மேல்கீழ்	æ	ω̈	æ̇	ω̇	æ̈	ω
கீழ்	a	ɒ̈	ȧ	ɒ̇	ä=ɒ	ɒ=ɑ

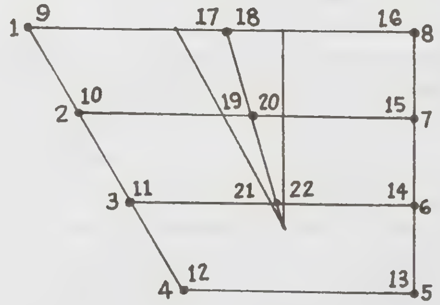
நுனி நாவின் இயக்கத்தால் எழும் ieɛa என்னும் உயிர்கள் முன் இதழ் விரி உயிர்கள் எனவும் கடை நாவின் செயல்பாட்டால் எழும் uoɔa ஒலிகள் பின் இதழ் குவி உயிர்கள் எனவும் கூறப்படும். முன்னுயிர்களை இதழ் குவித்து உச்சரிக்கும் போது yϕ∝ எனவும்

அட்டவணை 1

ஒலிப்பிடம்		இதழொலி			நுனி நாவொலி			இடைநா இடையண்ணவொலி			கடைநா கடையண்ணவொலி			குரல்வளையொலி		
ஒலிப்புமுறை		இதழ்நீட்டு	ஈரிதழ்	பல்லிதழ்	பல்	நுனியண்ணம்	நாவளை	முன் இடையண்ணம்	இடையண்ணம்	பின் இடையண்ணம்	முன் கடையண்ணம்	கடையண்ணம்	பின் கடையண்ணம்	முன்குரல்வளை	குரல்வளை	பின்குரல்வளை
அடைப்பொலி		p̱ ḇ	p b	p̣ ḅ	ṯ ḏ	t d	ṭ d				ḵ g̱	k g	ḳ g̣	ʔ̱	ʔ	ʔ̣
அடைப்புரசொலி								Č̱ J̱	Č J	Č̣ J̣						
உரசொலி	பிளந் துரசொலி			f v	θ ð						x̱ ɣ̱	x ɣ	x̣ ɣ̣		h ɦ	
	குழிந் துரசொலி					S Z	Ṣ Ẓ	Š̱ Ẕ̌	Š Ž	Ṣ̌ Ẓ̌						
	மருங் குரசொலி				ƫ̱ ɬ̱	ƫ ɬ	ƫ̣ ɬ̣									
மூக்கொலி		M̱ m̱	M m	Ṃ ṃ	Ṉ ṉ	N n	Ṇ ṇ	Ṉ̃ ṉ̃	Ñ ñ	Ṇ̃ ṇ̃	Ŋ̱ ŋ̱	Ŋ ŋ	Ŋ̣ ŋ̣			
மருங்கொலி			J l		L̲ l̲	L l	Ḷ ḷ									
ஆடொலி			ʀ		r	r	ṛ									
வருடொலி						ɾ	ɾ̣									



1. ஈரிதழ் ஒலி
2. இதழ் பல்லொலி
3. பல்லொலி
4. நுனியண்ணம்
5. இடையண்ணஒலி
6. கடையண்ணம்
7. குரல்வளை வெடிப்பொலி



1. [i] 2. [e] 3. [ɛ] 4. [a] 5. [ɑ] 6. [ɔ] 7. [o] 8. [u] 9. [y] 10. [ø] 11. [œ] 12. [ɶ] 13. [ɒ] 14. [ʌ] 15. [ɤ] 16 [ɯ] 17. [ɨ] 18. [ʉ] 19. [ɘ] 20. [ɵ] 21. [ɜ] 22. [ɞ]

பின்னுயிர்களை இதழ் விரித்து உச்சரிக்கும் போது ɯ ɤ ʌ p எனவும் முறையே மேலிருந்து கீழாக எழுதலாம்.

நாவின் நடுப்பகுதி மேல் நோக்கிச் செல்லும் போது எழும் உயிர் நடுவுயிர் எனப்படும். எ.கா: ɘ a ஆகியவை. இவை நடு நா மேலிருந்து கீழ் நோக்கிச் செல்லும்போது எழுபவை. i u என்ற இரு ஒலிகளும் எழுகையில் நாவின் அவ்வப்பகுதிகள் அண்ணத்தை அடுத்து உயரும். இவற்றை மேல் உயிர் (high vowe.s) எனவும் அடைப்புயிர் (close vowels) எனவும் கூறுவர். அண்ணத்திற்கும் நாவிற்கும் இடைவெளி மிகச் சிறிதாகலின் இவற்றில் i முன் இதழ் விரிமேல் உயிர் u பின் இதழ் குவி மேல் உயிர்; இதைப் போல a ɑ என்னும் உயிர்களை உச்சரிக்கும்போது நா தாழ்கிறது. இவற்றைக் கீழ் உயிர் (low vowels) எனவும் திறப்புயிர் (open vowels) எனவும்கூறுவர். அண்ணத்திற்கும் நாவிற்கும் இடைப்பட்ட வெளி பெரிதாகலின் இடைப்பட்ட ஒலிகளை மேலிருந்து கீழே முறையே அரையடைப்புயிர் (half close vowe!s) எனவும் அரைத்திருப்புயிர்(half open vowels) எனவும் கூறுவர். இடைப்பட்டமுன் உயிர்களை மேலிருந்து கீழே முறையே e ɛ என்வும் பின்னுயிர்களை o ɔ எனவும் குறியிட்டு எழுதுவர். இது அனைத்து நாட்டு ஒலிப்பியல் கழகத்தின் வகுப்பு முறையாகும்.

தமிழில் நெட்டுயிர்கள் அவற்றின் குற்றுயிர்களை விட விறைப்பாக உச்சரிக்கப்படும். அவை விறைப்புயிர்கள் (tense) எனப்படும். குற்றுயிர்கள் நெகிழ்வுயிர் (Lax) எனப்படும். விறைப்புயிர்களை e u ⊓ ⊓ எனவும் நெகிழ்வுயிர்களை e u ப ப எனவும் எழுதுவர்.

நா. உதடு இவற்றால் எழும் எந்த உயிரொலியையும் வாயொலியாகவும் மூக்கொலியாகவும் உச்சரிக்கலாம். தமிழில் மீ,ன்,ண் என்றமெல்லின எழுத்துகளில் முடியும் சொற்களையெல்லாம் ஈற்றில் மூக்குயிர்களாகவே (nasal vowels) உச்சரிக்கின்றனர். அவற்றை ẽ என்றோ õ என்றோ எழுதுவர். நாநுனி நுனியண்ணத்தை அடுத்தோ வளைந்தோ இருக்கும் வகையில் எழும் உயிர்கள் நாவளையுயிர் அல்லது நாமடியுயிர் (retroflex vowels) எனப்படும். இவற்றை ạ ẹ எனக் கீழே புள்ளியிட்டு எழுதலாம். சாதாரணமாக உயிர்கள் ஒலிப்புடையனவாகவே உள்ளன. ஒலிகளை உச்சரிக்கும்போது சிலவற்றை உச்சரிக்கும் நேரம் குறுகியும் பிறவற்றை உச்சரிக்கும் நேரம் நீண்டும் இருக்கும். இந்நேரத்தை மாத்திரை (duration) என்ற அலகால் அளவிடுவர். இயல்பாகக் கண் இமைப்பு, விரல் சொடுக்கு ஆகியவை தமிழில் மாத்திரையின் அளவாகக் கொள்ளப்படும்.

ஒலியன்கள்: ஒரு மொழியின் ஒலிகளை அம்மொழியின் அடிப்படை ஒலியுறுப்புகளாக மாற்றியமைக்கலாம். அவை ஒலியன்கள் (phonemes) எனப்படும். ஒவ்வோர் ஒலியனும் ஒன்று அல்லது பல மாற்றொலிகளைக் கொண்ட ஓர் ஒலிக்குழு ஆகும். மொழிப்பயிற்சிக்கு ஒலியியல், ஒலியனியல் ஆகிய துறைகளில் பயிற்சி பெறுவது இன்றியமையாதது. மொழிக்கு வரி வடிவு அமையும் போது ஒவ்வோர் ஒலியனுக்கும் தனித்தனி எழுத்துகள் அமைய வேண்டும். ஒலி வேறுபாடுகளை ஒலியன்களை விளக்குமிடத்தே குறிப்பிட்டு ஒலியன்களுக்கு மட்டும் குறியீடுகள் கொடுத்து எழுதுவது எளிது. ஒலியன்களைப் பகுத்துக் காண இயற்கை உணர்வுகளைப் பற்றாத, அனைத்து மொழிகளுக்கும் பயன்படும் பொதுவான கொள்கைகள் வேண்டும். நான்கு வகைக் கொள்கைகளின் அடிப்படையில் ஒலியன்களைப் பகுக்கலாம்.

வேறுபட்ட ஒலியால் பொருள் வேறுபடும் சொற்களான களம், தளம் இணை, திணை போன்றவை உள்ளன. இந்நிலையை வேறுபாட்டுக் கொள்கை (priciple of contrast) எனலாம். படி, பாடி என்ற சொற்களில் சொல் முதல் ஒலி வேறுபட்டால் பொருள் வேறுபடுகிறது. இத்தகைய இணையைக் குறை ஒலி இணை (minimal pair) எனலாம்.

துணை நிலைக் கொள்கை: இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஒலிகள், ஒன்றி வரும் சூழ்நிலையில் மற்றது வாராமல், அதன் காரணமாக அவை ஒரே ஒலியனின் மாற்றொலிகளாகும் போது அச்சூழ்நிலையைத் துணைநிலை வழக்கு என்பர். குளம், கூடு, குட்டை, பாக்கு என்பனவற்றில் வரும் ககர ஒலியையும் கிளி, கிடங்கு, பாக்கி, தூக்கி என்பனவற்றில் வரும் ககர ஒலியையும் கண்டால் முதல் கணத்தில் வரும் ககரம் கடையண்ண அடைப்பொலியாகவும் அடுத்த கணத்தில் வரும் ககரம் முன்கடையண்ண அடைப்பொலியாகவும் உள்ளன. முன் கடையண்ணக் ககரம் இகர உயிரியின் முன் வருகிறது. கடையண்ணக்ககரம் பிற உயிர்களின் முன் வருகிறது. இவையிரண்டும் அடுத்து வரும் உயிர்களால் கட்டுப்பட்டவை, [k] முன் உயிரின் முன் வரும். [ḳ] பிற உயிர்களின் முன் வரும்; இரண்டும் துணை நிலை வழக்கில் வருகின்றன. இரண்டும்/k/ என்ற ஒலியனின் மாற்றொலிகள் ஆகும்.

வேகமாகத் தொடர்ந்து பேசும்போது ஒலியுறுப்புகள் ஒரு நிலையிலிருந்து வேறு நிலைக்கு வேகமாக மாறுகின்றன. இதனால் ஒலிகள், முன் பின் வரும் சூழ்நிலைகளைப் பொறுத்து மாறுகின்றன. இம்மாற்றம் முயற்சிச் சுருக்கத்தினால் ஏற்படுகிறது எனலாம். இது அனைத்து மொழிகளிலும் ஏற்பட வேண்டுமென்பதில்லை. மேற்கூறிய சான்றில் [i] என்ற முன்னுயிரின் முன் வரும் கடையண்ண ஒலி முயற்சிச் சுருக்கத்தால் முன் கடையண்ண ஒலியாக மாறுகிறது.

ஒலியொற்றுமை. *(phonotic similarity)* ஒலியொற்றுமை உடையவற்றை ஓர் ஒலியனின்

மாற்றொலிகளாகக் கருதலாம். ஒலியொற்றுமை அனைத்து மொழிகளுக்கும் பொதுவானதாகும். ஒலிப்புடை ஒலிகளையும் அதனதன் ஒலிப்பிலா ஒலிகளையும் ஒலியொற்றுமையுடையவை எனலாம். அடைப்பொலிகளும் அதனதன் வரிசையில் வரும் உரசொலிகளும் அவ்வாறேயாகும். ஒலிப்பட்டியலில் அடுத்தடுத்து வரும் மூக்கொலிகள் ஒலியொற்றுமையுடையவை. ஆனால் எவ்வளவு ஒலியொற்றுமை இருக்க வேண்டும், எவ்வளவு வேற்றுமை இருக்க வேண்டும் என்பது அவரவர் உளப்பாங்கையும், மொழியின் அமைப்பையும் பொறுத்தது. ஒத்த ஒலிகளால் ஆன மாற்றொலிகளைச் சேர்த்து ஒலியன்களை அமைக்கும் முறையும் சூழ்நிலையால் ஒலிகள் மாறுகின்றன என்னும் கொள்கையை ஓரளவு சார்ந்துள்ளது.

அமைப்பின் அழகு. ஓர் ஒலி பல ஒலியன்களின் மாற்றொலியாக வரும் வாய்ப்பு உள்ளபோது மொழியின் ஒலியமைப்புக்கு அழகூட்டும் வகையில் அதைத் தேர்வு வேண்டும்.

சிக்கனக் கொள்கை *(principle of economy)*. இது தெளிவற்ற கொள்கையாகும். குறைந்த அளவில் ஒலியன்களை அமைத்துக் கொள்வதே இதன் நோக்கம்.

ஒலியன்களை வகைப்படுத்துதல். ஒரு மொழியை ஒலியன்களில் எழுதும்போது நான்கு வகையான பிழைகள் தோன்றக்கூடும். ஓர் ஒலியனுடைய மாற்றொலிகளுக்கெல்லாம் தனித்தனி வரி வடிவங்கள் கொடுத்து எழுதுதல் மிகை எனப்படும். இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஒலியன்களுக்கு ஒரே வரி வடிவைக் கொடுத்து எழுதுதல் குறைபட எழுதலாகும். மயங்கி வரும் இரு வேறு ஒலியன்களுக்கு அவை ஒரே ஒலி எனக் கருதி ஒரே வடிவைக் கொடுத்து எழுதுதலும், ஓர் ஒலியை மயங்கி வரும் இரு ஒலியன்களாகக் கருதி இரு வரி வடிவுகளைக் கொடுத்து எழுதலும் தவறாகப் பிரித்தல் ஆகும். அத்துடன் எழுதுவோரின் தனித்தன்மையான குறைகளும் தோன்றும்.

ஒரு மொழியின் ஒலியன்களைக் கண்டறிய அதன் இலக்கண அமைதி பயன்படாது. ஆய்வு மூலத்தில் காணப்படும் ஒலிகள் அனைத்தையும் பட்டியலிட்டு எந்த ஒலிகளெல்லாம் ஒரே ஒலியனின் மாற்றொலிகளாகத் தோன்றுகின்றனவோ அவற்றை ஒரு கோட்டினுள் இணைத்துக் காட்டவேண்டும். அவை ஐய ஒலிக்கூட்டம் எனப்படும். அவை [ ] என்ற குறியீட்டினுள்ளே பின்வருமாறு எழுதப்படும்.

ஒரே இடத்தில் பிறக்கும் ஒலிப்புடை ஒலிப்பிலா ஒலிகள் [kg] [sz]

ஒரே இடத்தில் பிறக்கும் அடைப்பொலியும் உரசொலியும் [pϕ] [bβ] [dδ] [tθ]

பல், நுனியண்ணம், நாவளை ஒலிகள் - [t̪ t ṭ]. நுனியண்ண, நடுவண்ண, நாவளை உரசொலிகள் - [s s̄ ṣ] [z z̄ ẓ] பல், முன் அண்ண, நடுவண்ண, கடையண்ண அடைப்பொலிகள், உரசொலிகள் - [ṭ t] [t ṭ] [s ś] [ś ṣ] மூச்சொலியும் மூச்சிலா ஒலியும் - [pʰ p] [mʰ m] [kʰ k]

[m] தவிரப் பிற மூக்கொலிகள் [n̪, n ñ ṇ ṅ]

மருங்கொலியும் ஆடொலியும் [l ɣ] [l ḷ]

அடைப்பொலியும் அடியொலியும் [ṭ ɣ] [ḍ ɣ]

கடையண்ண, முன் குரல் வளை உரசுவான்கள் [x h] அடுத்தடுத்து வரும் உயிர்கள் [i I] [ɨ u] [i ɨ] [i e] [e ϵ] [e E ϵ] [ɔ o] [ɔ Ω] [u,U]

அசையுயிரும் அசையிலா உயிரும் [ω u] [y i]

இந்த ஐய ஒலிக் கூட்டங்களில் அகப்பட்ட ஒலிகள் வேற்று நிலை வழக்கில் குறைந்த வேற்றுமையுள்ள இரட்டையர்களில் வருமாயின் அவை வெவ்வேறு ஒலியன்கள் ஆகும். அவ்வாறான இரட்டையர்கள் கிடைக்கவில்லை எனில் அவற்றைத் துணை நிலை வழக்கில் வருவனவாகக் கருதலாம். இக்கருதுகோள் இவ்வொலிகள் வரும் சூழ்நிலையில் காணப்படும் சிறப்பியல்புகளையோ, அதே போன்ற வேறு ஓர் ஐயக்குழுவினிடையே காணப்படும் இயல்பையோ அடிப்படையாகக் கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு ஒத்து வரும் வகையில் கருது கோள்களை அமைத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

சில குறிப்பிட்ட வரன் முறைகளை அமைத்துக் கொண்டால் ஒலியன்களின் வருகையை எளிதாக விளக்கலாம். பேச்சை (utterance) நுண்பகுதி (microsegment எனவும் பெரும் பகுதி (macrosegment) எனவும் பிரித்துக் கொள்ளலாம். குறிப்பிட்ட சுர விசையால் கட்டுண்ட ஒரு பேச்சைப் பெரும் பகுதி எனலாம். இது ஒரு தொடராகவும் இருக்கலாம். அதன் ஒரு கூறாகவும் இருக்கலாம். இரு புறமும் விட்டிசையால் (juncture) கட்டுண்ட ஒன்று நுண் பகுதியாகும். அதில் ஒன்று அல்லது பல அசைகள் இருக்கும். தமிழில் நுண் பகுதியின் முதலில் வரும் மெய்கள் அனைத்தும் அசை முதலாக (onset) வரும். நுண் பகுதியின் இறுதியில் வரும் மெய்கள் அசையீறாகும் (code). உயிர் ஒலியன்கள் ஒவ்வொன்றும் அசை முடியாகும். எனவே ஒவ்வோர் உயிரும் ஒவ்வோர் அசையாகும்.

பேசும் தமிழில் முப்பது மெய்யன்கள் உள்ளன. அசை முதலாக ஒரு மெய்யும் இரு மெய்யும், மும்மெய்யும் வரும். இவ்வாறாயினும் 42 வகையான அசை முதலே வருகின்றன. இதுவும் ஒரு வகை மிகையே; அவன் வந்தான் போன்றவற்றில் பால், எண் காட்டும் விகுதி சுட்டுப் பெயரோடும் வினைமுற்றோடும் வருகிறது. வினைமுற்றில் மட்டுமே அது வந்தாலும் பொருள் மயக்கம் ஏற்படாது.

எனவே, சுட்டுப் பெயரும் வினை முற்றும் மிகையே யாகும்.

மயங்கொலியன். (*phonemicoverlapping*) [X] என்ற ஓர் ஒலி ஒரு சூழ்நிலையில் [A] என்ற ஒலியனாகவும், வேறொரு சூழ்நிலையில் [B] என்ற ஒலியனாகவும் தோற்றமளிக்குமானால் அது சிறுபான்மை மயங்கொலியன் (partial) எனப்படும். ஒரே வகையான சூழ்நிலையில் [X] என்னும் ஒலி ஒரு போழ்தில் [A] என்ற ஒலியனாகவும் வேறு போழ்தில் [B] என்ற ஒலியனாகவும் தோற்றமளித்தால் அது முற்றிய மயங்கொலியன் (complete) எனப்படும். சிறுபான்மை மயங்கொலியன்கள் சூழ்நிலையால் கட்டுண்டதால்மயக்கம் ஏற்படாது. ஆனால் முற்றிய மயங்கொலியனில் சூழ்நிலை புலப்படாது. பேச்சுத் தமிழில் ஒலிப்புடை அடைப்பான்களும் ஒலிப்பிலா அடைப்பான்களும் சொல்லின் முதலில் வருகின்றன. ஆனால் மெல்லினங்களை அடுத்து ஒலிப்புடை அடைப்பான்களே வரும்.

தமிழ் ஒலியன்கள். ஒலியன்களை எழுதும்போது சில குறியீடுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. V என்பது உயிரைக் குறிக்கும். V: என்பது நெட்டுயிர்; V என்பது குற்றுயிரையும் $\tilde{V}$ என்பது மூக்குயிரையும், C மெய்யையும், N மெல்லினத்தையும், S அடைப்பொலிகளையும் (வல்லினம்) ,:,. என்பன மாத்திரையின் நீட்டத்தையும் குறிப்பிடும். மாத்திரையின் நீட்டத்துக்குத் தகுந்தவாறு புள்ளிகளின் எண்ணிக்கை கூடும். [ ] இவற்றின் உள்ளே எழுதப்படுபவை மாற்றொலிகள் ஆகும். [ ] இவற்றின் உள்ளே ஒலியன்கள் எழுதப்படும். ஒரு சொல்லின் மாற்றொலிகள் [ ]என்பதற்குள் எழுதப்படும். இதில் [ ] -வின் உள்ளேயுள்ளவை மாற்றொலிகள்; மற்றவை ஒலியன்கள் ஆகும். அகவிட்டிசையை [+] சொற்களின் இடையேஇடம் விட்டு எழுதிக் காட்டலாம். தொடர் விட்டிசை [,] எனவும், ஈற்று விட்டிசை [+,X] எனவும், சுரம் [1 2 3 4] எனவும் குறிப்பிடப்படும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒலிஃபின் இழை

இது பாலி ஒலிஃபின் இழை (polyolefin fibre) என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. இது செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்படும் நீள் சங்கிலித்தொடர் இழையாகும். இதன் எடையில் புரோப்பிலீன், எத்திலீன் ஆகியவை 85% உள்ளன.

ஒலிஃபின் இழைகளில் வணிகச் சிறப்பு வாய்ந்தது பாலிபுரோப்பிலீனும், பாலிஎத்திலீனும் ஆகும். பாலி (1-பியூட்டேன்), பாலி (3-மெத்தில்-1-பியூட்டேன்), பாலி (4-மெத்தில்-1-பென்ட்டேன்) போன்ற பல பாலி ஒலிஃபீன்களிலிருந்து இவ்விழைகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

1930 இல் குறைந்த அடர்த்தியுடைய பாலி எத்திலீனிலிருந்து முதல் பாலி ஒலிஃபின் இழைகள் இங்கிலாந்தில் உற்பத்தி செய்யப்பட்டன. இரண்டாம் உலகப்போருக்குப்பின், பாலிஎத்திலீன் ஒற்றை இழைகள் (mono filaments) தயாரிக்கப்பட்டன. இவை தானியங்கி ஊர்திகளில் இருக்கை உறைகள் செய்வதற்குப் பயன்பட்டன. ஆனால் இவை ஒளி ஊடுருவாத்தன்மைபெற்றும் நிலைப்புத்தன்மையற்றும் காணப்பட்டதால் போதிய அளவு பயன்படுத்தப்படவில்லை.

1957 இல் மிகு அடர்த்தி பாலிஎத்திலீனிலிருந்து ஒலிஃபின் இழைகள் தயாரிக்கப்பட்டன. இவ்விழைகள் சிறப்பான எந்திரவியல் பண்புகளைக் கொண்டிருந்தன. இவை கயிறு, வடம் (cable), இருக்கை போன்றவற்றைச் செய்வதற்குப் பயன்பட்டன. குறைந்த உருகுநிலை (130°C - 138°C), வண்ணம் ஏற்றுக்கொள்ளாத்தன்மை, குறைந்த மீட்சித் தன்மை ஆகிய பண்புகளால் அதிகமாக இவை பயன்படுத்தப்படவில்லை. எனவே புதிய பல்லுறுப்பு இழைகள் பாலிபுரோப்பிலீனிலிருந்து உருவாக்கப்பட்டன. இவை மிகுந்த உருகுநிலையும் (165-175°), தேய்வுக்காப்புத் தன்மையும், சிறந்த மீட்சித்தன்மையும், இழுபடுந் தன்மையும் பெற்றுக் காணப்பட்டன. பிற செயற்கை இழைகளைவிடக் குறைந்தசெலவில் இவ்விழைகளைத் தயாரிக்க முடிந்தது. மொத்தச் செயற்கை இழைகளில் 10% ஒலிஃபின் இழைகள் அமெரிக்காவில் பயன்படுகின்றன.

இயற்பியல் பண்பு. நீர் உறிஞ்சாமை, குறைந்த ஒப்படர்த்தி போன்ற பண்புகளால் பாலிஎத்திலீன், பாலிபுரோப்பிலின் இழைகள் செயற்கை இழைகளிலிருந்து வேறுபடுகின்றன.

வேதிப் பண்பு. ஒலிஃபின் இழைகள் நீர் எதிர்ப்புத் தன்மை உடையன. கனிம அமிலங்கள், காரங்கள், கரிமக் கரைசல்கள் போன்றவற்றால் இவை தாக்கமுறுவதில்லை. அறை வெப்பநிலையில் தொழிலக வேதிப்பொருள்களாகிய சல்ஃப்யூரிக் அமிலம், நைட்ரிக் அமிலம், அசெட்டோன், எத்தில் ஆல்கஹால், அம்மோனியம் ஹைட்ராக்சைடு ஆகியவற்றுடன் வினைபுரிவதில்லை. மிகு வெப்பநிலையில் சல்ஃப்யூரிக் அமிலம், நைட்ரிக் அமிலம் ஆகியவை பாலி ஒலிஃபினின் வலிமையைக் குறைக்கின்றன. அறை வெப்பநிலையில் பாலி புரோப்பிலீன் எவ்விதக் கரைசலிலும் கரையாது. ஆனால் உயர் வெப்பநிலையில் சில அரோமேட்டிக் ஹைட்ரோகார்பன்களும், குளோரின் ஹைட்ரோகார்பன்களும் ஒலிஃபின் இழைகளைக் கரைக்கின்றன.

பொதுப் பண்பு. ஒலிஃபின் இழைகள் சூரிய ஒளி யால் தாக்கப்படுகின்றன. பிற பல்லுறுப்பிகளைவிடப் பாலிஒலிஃபின் இழைகள் எளிதில் எரியக்கூடியன. இவற்றில் வண்ணம் ஏற்றுவது கடினமாகும்; எனவே இவற்றைத் தயாரிக்கும் முன்னர் நிறமிகளைச் சேர்த்துவிட வேண்டும்.

பயன். தரை விரிப்பு, திரைச்சீலை, இருக்கை மேலுள்ள திண்டு போன்ற தயாரிப்புகளில் இவை பயன்படுகின்றன. இவ்விழைகள் சணல் விரிப்புகளை விட நிலைப்புத்தன்மை, சுருங்காத இயல்பு, குறைந்த நீர் உறிஞ்சும் தன்மை, எளிதாகக் கிடைக்கும் தன்மை போன்றவற்றைக் கொண்டுள்ளன. ஆனால் இவை சணல் தரை விரிப்புகளைவிட விலை மிகுந்தும், வண்ணம் ஏற்காத தன்மையும் பெற்றுள்ளன. மேலும் வீட்டு இருக்கை அமைப் பிலும், சுவரில் ஒட்டப்படும் தாளிலும் ஒலிஃபின் இழைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தொழிலகப் பயன். சணல், கற்றாழை, நைலான் முதலிய வலிய இழைகளுக்கு இணையாகப் பாலி ஒலிஃபின் கயிறுகளும், முறுக்கப்பட்ட நூல்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தொழிலக வளர்ச்சியில் ஒலிஃபின் இழைகளின் பங்கு தற்காலத்தில் பெருகி யுள்ளது. வேளாண்மை, பொறியியல், வடித்தல் (filtration) கோழிப்பண்ணை முதலியவற்றிலும் கயிறு, தடுப்பு, பை, குழாய், மீன் வலை, தார் பாய், தைக்கும் நூல் முதலியவை செய்வதற்கும் இவை பயன்படுகின்றன. மேலும் நெய்த, நெய்யப்படாத செயற்கைத் துணிகள், ஸ்பன் துணிகள் தயாரிக்கவும் பயன்படுகின்றன.

- எம்.எஸ். ஒளிவண்ணன்

ஒலிபெருக்கி

மிகைப்பியிலிருந்து வரும் மின்னலைக் குறிப்புகளை (electric signals) ஒலியாக மாற்றும் கருவியே ஒலி பெருக்கி (loud speaker) ஆகும். ஒலிபெருக்கிகள் 20 Hz முதல் 20 KHz வரை அதிர்வெண்களைக்கொண்ட கேள் ஒலிக்குறிப்புகளை (audio signals) உருவாக்கு மாறு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒலிபெருக்கி அமைப்பு, மின்அலைக் குறிப்புகளை அதிர்வெண் பட்டைகளாக மாற்றும் ஆற்றல் மாற்றிகளையும் (transducers) ஓர் அடைப்பு (enclosure) அல்லது தடையையும் (baffle) கொண்டது.

ஒலிபெருக்கிகள், வீடுகளிலும் மகிழ்வுந்து களிலும் உள்ள திட்பக் காட்சிக்கருவிகளிலும் (stereos), தொலைக்காட்சி வானொலி ஆகியவற்றிலுள்ள அலைவாங்கிகளிலும் (receivers), மின்னணு இசைக் கருவிகளிலும், பொம்மைகளிலும் பயன்படுகின்றன. தொழில்நுட்பமுறையில் ஒலிபெருக்கிகள் ஒலிபரப்பு, ஒலிப்பதிவு நிலையங்களிலும், வட்ட அரங்குகள் (arenas), திரையரங்குகள் போன்ற பொதுவிடங் களிலும் பயன்படுகின்றன.

வகை

ஒலிபெருக்கிகள் பின்வரும் பண்புகளின் அடிப் படையில் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

கதிர்வீச்சு. ஒலி, நேரடிக் கதிர்வீச்சு முறைப் படியோ, கொம்பு வடிவ ஒலிப்பான் மூலமாகவோ. கடத்தப்படுகிறது.

ஆற்றல் மாற்றிகள்

ஆற்றல் மாற்றிகள். இவை இயங்கு வகை, அசை யும் மின்னக (moving armature) வகை, காந்தப் பரிமாண (magnetostrictive) வகை என மூவகைப் படும்.

நிலைமின்னியல் (electrostatic) கொண்மிகள். அழுத்த மின் (piezoelectric) படிகங்கள், வெங்களிகள் (ceramics), பல்லுறுப்பிகள் (polymers), ஐயனோஃ போன் (ionophone), காற்றுத் தாரை ஆகியவை பிற ஆற்றல் மாற்றிகளாகும்.

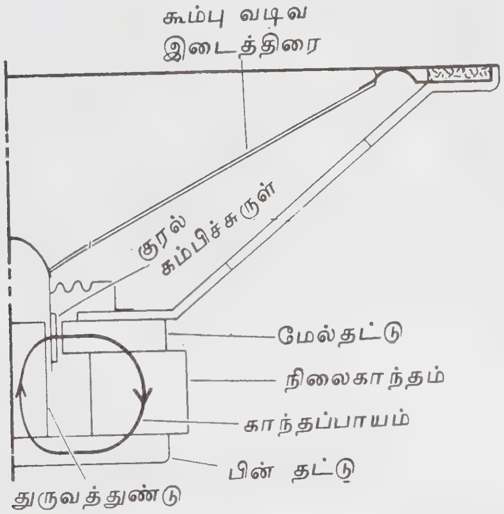
இடைத்திரையின் (diaphragam) வடிவம். இடைத் திரைக் கூம்பு, தட்டை, மாடம் (dome) போன்ற வடிவங்களில் காணப்படும்.

அலைவெண்களின் எல்லை. ஒலிபெருக்கிகள் ஒலி களின் அலைவெண்களைப் பொறுத்தும் வகைப் படுத்தப்படுகின்றன. அவை குறைந்த அலைவெண், நடுத்தர அலைவெண், உயர் அலைவெண் போன்றவையாகும்.

பொதுவாக, மூன்று வகை ஒலி பெருக்கிகளே மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன. அவை அசையும் சுருள் (moving coil) ஒலிபெருக்கி, கொம்பு வடிவ ஒலிபெருக்கி (horn loud speaker), நிலைமின் ஒலி பெருக்கி (electrostatic) என்பன.

அசையும் சுருள் ஒலிபெருக்கி. இவ்வகையில் மின் காந்தத்தின் இருமுனைகளுக்கு இடையே ஒரு கம்பிச் சுருள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இது குரல் கம்பிச்சுருள் (voice coil) எனப்படும். இச்சுருள் கூம்பு வடிவ இடைத்திரை முனையுடன் இணைக்கப் பட்டு, அசையக்கூடியதாக உள்ளது. ஒலி பெருக்கி யின் எதிரில் ஒலி உண்டாக்கப்படும்போது ஒலிக் கேற்ற மின்சாரம் கம்பிச் சுருளில் செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் சுருளில் ஏற்படும் மின் அசைவு இடைத் திரைகூம்புக்கு அனுப்பப்பட்டு அங்குள்ள காற்றில் ஒலி அசைவு உண்டாக்கப்படுகிறது. இதனால் முன்பே உண்டாக்கப்பட்ட ஒலி உரக்க உண்டாக்கப்படுகிறது. அவ்வப்போது ஏற்படும் ஒலி வேறுபாடுகளுக்கு

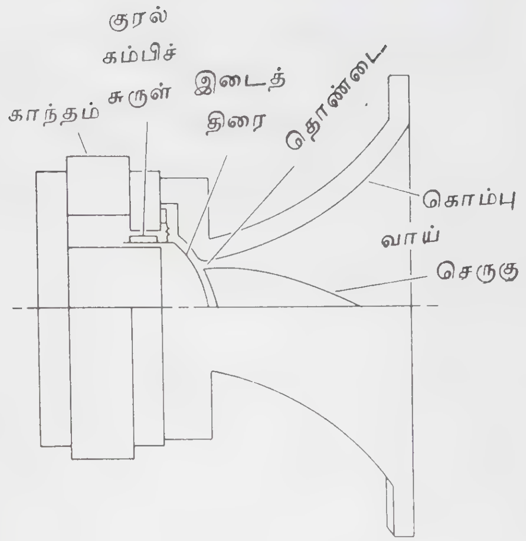
ஏற்ப, மின்காந்தத்தால் தூண்டப்படும் சுருளின் அசைவு மாறுபடும். இவ்வகை ஒலிபெருக்கிகளில் நிலைகாந்தம் பயன்படுத்தப்படுவதால், தற்கால ஒலிபெருக்கிகள் எடுத்துச் செல்ல ஏற்றவையாகவும், திறம்பட வேலை செய்யக் கூடியவையாகவும் உள்ளன.



படம் 1. அசையும் சுருள் ஒலிபெருக்கி

கொம்பு வடிவ ஒலிபெருக்கி. இது உலோகம், ஞெகிழி அல்லது மரத்தால் ஆன கொம்பு வடிவக் குழாயைக் கொண்டது. இதன் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புச் சிறிது சிறிதாக மிகுதியாகும் வகையில் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. இடைத்திரைக்கு அருகில் உள்ள முனை தொண்டை எனவும், காற்றில் ஒலியை கடத்தும் மறுமுனை வாய் எனவும் வழங்கப்படும். சில ஒலிபெருக்கிகள் தறுவாய்ச் செருகுகளை (phase plugs) இடைத்திரைக்கு முன் பெற்றிருக்கும். இதனால் இடைதிரையில் பல்வேறு பகுதிகளிலிருந்து கடத்தப்படும் ஒலி அலைகளைக்குவிக்க முடியும். இக் கொம்பு அமைப்பு இயங்குவகை, அழுத்த மின்வகை, நிலை மின்வகை போன்ற ஏதேனும் ஒருவகை ஆற்றல் மாற்றியைக் கொண்டிருக்கும். இக்கொம்பு வகை ஒலிபெருக்கிகள் அவற்றின் மிகுந்த திறனால் (efficiency) பெரிய அறைகளிலும், திறந்த வெளி களிலும் பயன்படுகின்றன.

நிலை மின்னியல் ஒலிபெருக்கி. இது கொண்மி வகை (condenser) ஒலிபெருக்கி எனவும் வழங்கப் படும். இதில் இரு மின்முனைகளையும் உலோகத் தகடாலான வளையக்கூடிய கடத்தும் தகடையும் நெருக்கமாக வைக்கப்பட்டு, நேர் மின்னோட்டத் தால் முனையப் படுத்தப்படும் (polarized) திண்மக் கடத்துத் தட்டையும் கொண்டுள்ளது. மின்னூட்டம்



படம் 2. கொம்பு வடிவ ஒலிபெருக்கி

செலுத்தப்படுவதால் ஏற்படும் விசையால் வளையக் கூடிய தகடு, கடத்துத் தட்டை நோக்கி இழுக்கப் படுகிறது. மிகைப்பியிலிருந்து மாறுதிசை மின்னோட் டம் கொடுக்கப்பட்டால் இத்தகடு உள்ளிழுக்கப்படு கிறது அல்லது வெளித்தள்ளப்படுகிறது. இதன் விளை வாக ஒலி அலைகள் கடத்தப்படுகின்றன. ஒலி கடத்தும் திறனை, இடைத்திரையில் பரப்பையும், செலுத்தப்படும் நேர்த்திசை மின்னோட்ட அளவை யும் மிகுதிப்படுத்துவதன் மூலம் உயர்த்தலாம்.

- எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்

ஒலிமறுப்பு

இது அழுத்தத்திற்கும் பரும இடப்பெயர்ச்சி வீதத் திற்கும் உள்ள தகவால் பெறப்படுகிறது. மாறாக, அழுத்தத்திற்கும் பரும ஓட்டத்திற்கும் உள்ள தகவு ஒலி மறுப்பாக வரையறுக்கப்படுகின்றது. பரும ஓட்டம் அல்லது பருமத் திசைவேகம் என்பது நேர் கோட்டுத் துகள் திசைவேகத்தைப் பரப்பால் பெருக்கு வதால் கிடைக்கிறது.

ஒலி மறுப்பிற்கான கோவையில் இரு பகுதிகள் உள்ளன. அக்கோவையின் மெய்ப்பகுதி ஒலித்தடை (acoustical resistance) என்றும் கற்பனைப் பகுதியின் எண் மதிப்பு ஒலி எதிர்ப்பு (acoustical reactance) என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. ஒலி மறுப்பு மூன்று வகை களாகக் கருதப்படும். ஒவ்வொரு வகை ஒலி மறுப்பும்

ஒவ்வொரு வகையான கணக்கீடுகளில் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு. அழுத்தத்திற்கும் பரும ஓட்டதிற்கும் உள்ள தகவால் இது பெறப்படுகின்றது. குவிக்கப்பட்ட சுற்று உறுப்புகள் அடங்கிய, குறை அதிர்வெண் சுற்றுகளில் இது பயன்படுகிறது. ஒப்புமை ஒலி மறுப்பின் (analogous impedance) மதிப்பு, குழா யின் நீளம் அரை அலைநீளத்திற்குக் குறைவாக உள்ளபோது, குழாயின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு நன்கு மாறுபடுவதாக இருப்பினும், குழாயின் நீளத் தைப் பொறுத்துக்குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறுபாடு அடைவதில்லை.

ஒலி மறுப்பு எண். இது அழுத்தத்திற்கும் திசை வேகத்திற்கும் உள்ள தகவால் பெறப்படுகின்றது. ஒப்புமை ஒலி மறுப்பைப் பரப்பால் பெருக்கக் கிடைப்பது ஒலி மறுப்பு எண் (specific acoustic impedance) ஆகும்.

$$z = sZ\alpha$$

எந்திரவியல் கதிர்வீச்சு ஒலி மறுப்பு. (Z_a) இது விசைக்கும் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தகவால் பெறப்படுகின்றது. ஒலி மறுப்பு எண், பரப்பு ஆகிய வற்றின் பெருக்கற் பலனாலும், ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு, பரப்பின் இருமடி ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனாலும் எந்திரவியல் கதிர்வீச்சு ஒலி மறுப்பு (mechanical radiation impedance) அளவிடப்படுகின்றது.

ஒலி மறுப்பின் ஒவ்வொரு வகைக்கும் ஒவ்வொரு வகையான இணை மாற்று மின்சுற்று வரையப்பட லாம். ஒலி மறுப்புக் கொள்கையை நன்கு புரிந்து கொள்வதற்காக மட்டுமே இந்த இணைமாற்றுச் சுற்றுகள் பயன்படுகின்றன.ஒலி மறுப்பின் பரிமாணம், மின்தடையின் பரிமாணத்தைப் பெற்றிருப்பதில்லை. மின்சுற்றுகளில் மின்னிணைப்புக் கம்பி, ஆம்பியர், வோல்ட் என்பனவற்றிற்கான ஒலித் தொகுப்பு இணை மாற்றுச் சுற்றுகளில் இணைமாற்றுகள் முறையே குழாய்கள், காற்று ஓட்டம், காற்று அழுத்தம் ஆகும். மின்சுற்றுகளின் பல்வேறு பகுதிகளில் மின்னோட்டத்திற்கும் மின்னழுத்தத் திற்கும் எவ்வாறு நேரடித் தொடர்பு உள்ளதோ, அதே போன்று ஒலித் தொகுப்பு இணைமாற்றுச் சுற்றுகளில் பரும ஓட்டத்திற்கும், அழுத்தத்திற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உள்ளது.

ஒலி மறுப்பைப் பின்வரும் முறைகளால் அளவிட லாம்: கென்னல்லி என்பார் முதன்முதலாக ஒலி மறுப்பின் மதிப்பை ஆய்வு முறையில் அளவிட முனைந்தார். ஒரு மின் முறை மூலமாக அவர் அதிரும் திரை, அதனுடன் தொடர்பு கொண்ட காற்றுப் பொந்து ஆகியவற்றின் பயனுறு ஒலி மறுப்பைக் கண் டறிந்தார். ஆனால் அவருடைய ஆய்வில், திசை வேக வீச்சு மிகுதியாக உள்ளபோது, திரையின் இயைவு எதிர்வெண்ணுக்கு அருகில் மட்டும் சரியான மதிப்பைப் பெற முடிந்தது. இதன் தொடர்பாக, பல்வேறு அதிர்வெண் நெடுக்கங்களிலும் ஒலி மறுப் பைக் காண வேறு பல ஆய்வுகள் கண்டறியப்பட்டன.

இயைவு அதிர்வியின் துளை ஒன்றில் தோன்றும் ஒலி மறுப்பைக் காண்பதற்கான நேரடி அளவீட்டு முறை ரிச்சர்ட்சன் என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. கணத்துகள் திசைவேகம், கண அழுத்தம் ஆகியவை ஒரே சமயத்தில் அறியப்பட்டு அவற்றிலிருந்து ஒலி மறுப்பின் மதிப்பைக் காண்பதற்கான வழிமுறையை யும் அவர் உருவாக்கினார். குஸ்டர் என்பாரால் முற்றிலும் ஒலியியல் செயல் முறையைச் சார்ந்த ஒப்பீட்டு முறை உருவாக்கப்பட்டது. இம்முறையில் தெரியாத ஒலி மறுப்பு ஒன்று, அளவீடுகள் குறிக்கப் பட்டதும் மாற்றத்தக்கதும் ஆகிய மறுப்பு (கம்பளி வட்டு ஒன்றினால் மூடப்பட்ட, மாற்றத்தக்க நீளம் கொண்ட காற்று அமைப்பு) ஒன்றுடன் ஒப்பிடப்படு கின்றது.

- க. பாஸ்கரன்
- சு. சுந்தரம்

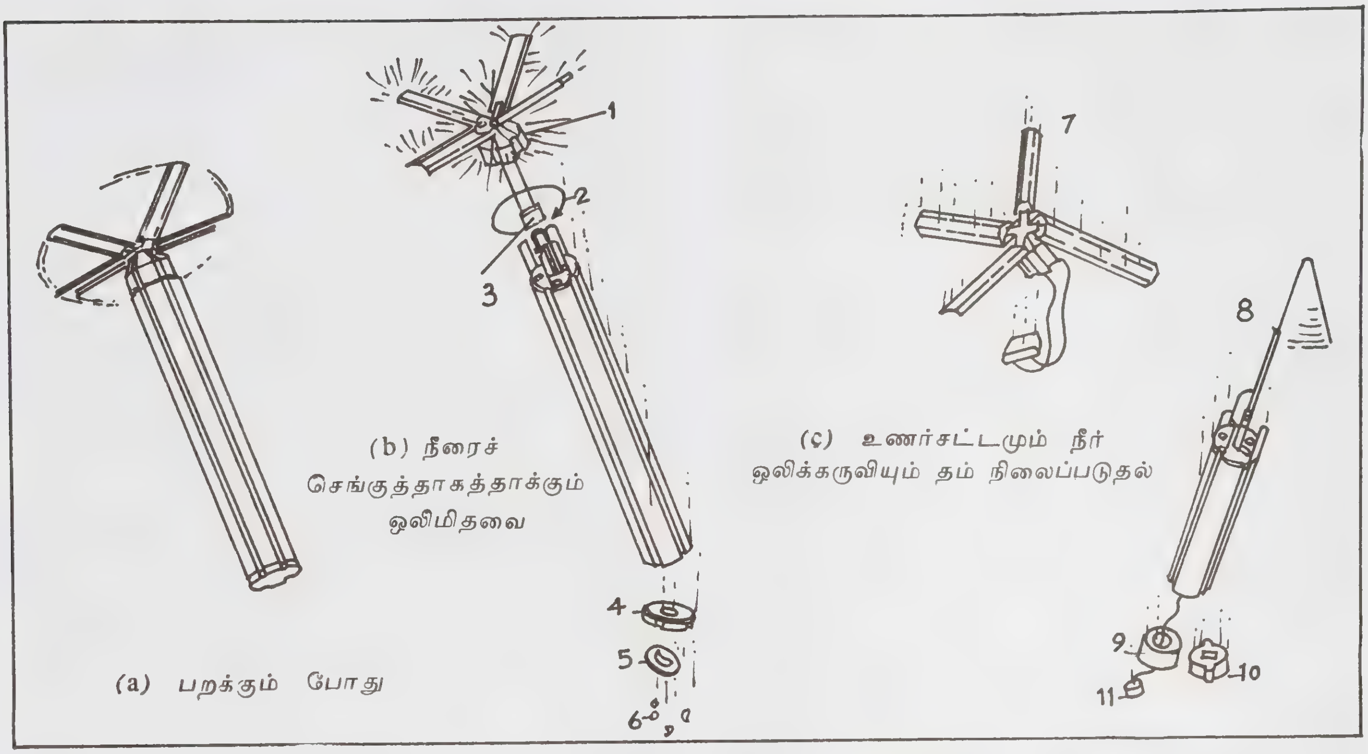
ஒலிமிதவை

கடலில் நிறுவப்படும் ஒரு மிகச் சிறிய ஒலிபரப்பு நிலையம் ஒலி மிதவை (sonobuoy) எனப்படும். இந் நிலையம் ஆழ்கடல் ஒலிகளைப் பெற்று அவ்வொலி களை விமானத்துக்கோ தேவைப்படும் இடத்திற்கோ அனுப்புகிறது. கடலில் நீர்மூழ்கிகள் ஏற்படுத்தும் பல் வேறு ஒலிகளைக் கண்டுபிடித்து மேலே செல்லும் விமானத்திற்குத் தெரிவிக்க இக்கருவி முக்கியமாகப் பயன்படுகிறது.

இக்கருவியின் அடிப்படைக் கொள்கை இங்கி லாந்தைச் சேர்ந்த பிளாக்கெட் என்பாரால் 1941இல் உருவாக்கப்பட்டது. அமெரிக்கப் பாதுகாப்புப்படை யினரின் ஆய்வுகள் இக்கருவியின் மேம்பாட்டுக்கு வழி வகுத்தன. இரண்டாம் உலகப்போரில் தேவையான அளவில் பயன்படுத்தப்பட்ட ஒலிமிதவை மேன் மேலும் நன்கு வளர்ச்சி அடைந்தது. பல நாடுகளில் நீர்மூழ்கிகளைக் கண்டுபிடித்து அவற்றைத் தாக்கும் பணியில் ஒலிமிதவை பயன்பட்டு வருகிறது.

நீர்மூழ்கிகள் நீருக்கு அடியில் மறைவாகச் செல் வதை விமானங்கள் எளிதில் காணமாட்டா. அதனால் நீர்மூழ்கிகள் விமானங்களை எளிதில் தாக்கும் தீமை உள்ளது. எனவே விமானங்கள் கடலில் ஆங்காங்கே விடப்படும் ஒலிமிதவைகளின் துணை கொண்டு நீர் மூழ்கிகளின் இருப்பிடத்தைக் கண்டுகொள்ள முடியும்.

ஒலிமிதவைகளை நீர்மூழ்கியைத் தாக்கும் விமானங்களின் துணை கொண்டு தேவையான



கடலில் விடும் ஒலி மிதவை அளவி முறை.

1. சுழல் விசிறி விடுபடுதல்; 2. சுழல் விசிறி தக்க வைக்கும்சுருள்; 3. உணர் சட்டத்திலிருந்து உணர்சட்டம் தாங்கி வெளியே இழுக்கப்படுதல்; 4. வார்ப்பு அடித்தகடு; 5. மேல்தகடு; 6. நீர்கழுவி 7. சுழல்விசிறித்தகடுகள் மடங்கி நீரில் மூழ்குதல் 8. உணர் சட்டம் மேல் நோக்கி நிமிர்தல்; 9. நீரியல் கூண்டு, 10. அடிச்சுமை வெளியேற்றம் 11. நீர் ஒலிக்கருவி.

இடங்களில் கடலில் விடுகின்றனர். ஒலிமிதவை செங்குத்தாக விழுவதற்கு ஏற்றவாறு அதைச் சுழல் குடை மிதவை மூலமாகக் கடலில் விடுகின்றனர். ஒலிமிதவை உணர்கம்பி (antenna) நீரியல் ஒலி வாங்கி(hydrophone)ஆகியவற்றைக் கொண்டிருக்கும். ஒலிமிதவை கடலில் விழுந்ததும் கடல் நீரால் இயங்கும் மின்கலம் மின்னியல் சுற்று வேலை செய்யத் தொடங்குகிறது. அழுத்த மாறுபாட்டின் காரணமாக நீரியல் ஒலிவாங்கியில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் ஒலிபரப்பியில் (transmitter) பல்வேறு அலைகளை உண்டாக்குகிறது. இந்த ரேடியோ அலைக்குறியீடு விமானத்தில் கேட்கப்பட்டு நீர்மூழ்கி யின் இருப்பிடத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது. இக் குறியீடுகள் சிலசமயங்களில் கடல்வாழ் உயிரினங்கள், அலை இயக்கம் போன்ற பல்வேறு காரணங்களால் உருவாகும் பக்க அலைகளால் சரியாகக் கண்டு பிடிக்க இயலாமல் தடையை ஏற்படுத்தலாம்.

ஒலிமிதவையின் பயன்பாட்டிற்குப் பிறகு இதைக் கண்டெடுக்க முடியாது. இது சிலநேரங்கள் நீரினுள் மூழ்கிவிடக்கூடும். ஆகவே ஒலி மிதவைகள் மிகுந்த பொருட் செலவுடன் தயாரிக்கப்படாமல், மிகு பயனுடையதாகவும் குறைந்த செலவுடையதாகவும் அமைக்கப்படுகின்றன. இக்கருவியை இதற்கு மட்டு மன்றிக்கடல்கரை பற்றி அறிய உதவும் புவி இயற் பியற் கருவியாகவும் பயன்படுத்துகின்றனர்.

அண்மையில் மைய இந்தியப் பெருங்கடல் பகுதி யில் மாங்கனீஸ் கனிம முடிச்சுகளின் அளவைக் கண்டறியவும், அப்பகுதியிலிருந்து தொடர்ந்து ஓத, அலை, காற்று, மழை முதலிய இயற்பியல் பண்பு களை அறிந்து தொடர்ந்து செய்தி அனுப்பவும் இவ்வகை ஒலி மிதவைகளைப் பயன்படுத்தியுள்ளனர். மேலும் ஆழ்கடல் துளையிடும் கப்பல்களை ஏற்கனவே இட்ட துளைகளில் ஓரிரு ஆண்டுகளுக்குப் பின் மீண் டும் அதே துளையில் துளையிட வேண்டி அந்தக் கப்பலை அந்த இடத்திற்குச் சரியாகக் கொணர இவ்வகை ஒலி மிதவைகளை நான்கு புறமும் மிதக்கச் செய்து அவற்றின் உதவியால் கப்பல் தன் நிலையில் மாறாது நிலைத்திருக்கவும் பயன்படுத்துகின்றனர்.

- ம. அ. மோகன்

ஒலியறிமுறை

ஒரு நோயாளியை ஆய்வு செய்ய கூர்ந்து நோக்கல், தொட்டுப்பார்த்தல், தட்டிப் பார்த்தல், ஒலியறி

முறை (ausculation) என்னும் நான்கு முறைகள் உள்ளன. ஒலியறி முறையைக் கண்டுபிடித்தவர் லேனக் என்பார் ஆவார். இம்முறை மார்பு ஒலி அளவி என்னும் கருவி கொண்டு கையாளப்படுகிறது. இக்கருவி மூலம் பெரும்பாலும் இதயத்தையும், நுரையீரல்களையும் ஆய்ந்தாலும், உடலின் எப்பகுதியிலும் இதை வைத்து அந்தப் பகுதியின் ஒலியைக் கொண்டு நோயை முடிவு செய்யலாம்.

நுரையீரல்களை ஆய்வு செய்யும்போது இயல்பான மூச்சு ஒலிகளைக் கேட்கலாம். அவற்றின் தன்மையைக் கொண்டு நுரையீரல்கள் நல்ல முறையில் இயங்குகின்றனவா அல்லது நுரையிரல் அழற்சியால் மூச்சு ஒலி வேறுபட்டுக் கேட்கிறதா அல்லது நுரையீரல் உறையில் காற்றோ நீர்மமோ தேங்கியிருப்பதால் எந்த ஒலியும் கேட்கவில்லையா என்று கண்டுபிடித்து நோயை முடிவு செய்யலாம். இவ்வாறே தனிப்பட்ட பிற ஒலிகளும் கேட்கப்படும். அவற்றைக் குமிழ் ஒலிகள் (rales) என்றும் கீச்சொலிகள் (rhonchi) என்றும் கூறுவர்.

நுரையீரலிலோ, அதன் பிற பகுதிகளிலோ நீர்மச் சுரப்பு இருந்தால் உள்ளிழுக்கும் காற்று, அந்தத் நீர்மத்துள் செல்லும்போது குமிழ் ஒலிகளை உண்டாக்குகின்றது. இதை நுரையீரல் அழற்சி எனக் கொள்ளலாம். அவ்வாறே மூச்சுக் குழலும், மூச்சுக் கிளைக் குழலும் முழுமையாகவோ, ஓரளவாகவோ அடைபடும்போது கீச்சொலி கேட்கும். இது போன்றே இதயத்தை ஆய்வு செய்யும்போது, ஒலியறி முறையில் ''லப் டப்'' என்னும் இரண்டு ஒலிகள் கேட்கும். நோய் நிலையில் இந்த ஒலிகளின் தன்மை மாறுவதையும், முணுமுணுப்புகள் (murmurs) கேட்பதையும் உணரலாம். இவற்றைக் கொண்டு நோய் நிலையை முடிவு செய்யலாம். இந்த ஒலியறி முறை மூலம் ஒருவரின் இரத்த அழுத்தத்தையும் அளவிடலாம்.

வயிற்றையும் ஒலியறி முறை மூலம் ஆய்வுசெய்து பார்க்கலாம்; குடல் அசைவுகளின் ஒலியைக் கேட்கலாம்; இந்த ஒலி இயல்பாகவோ மிகுந்தோ காணப்படலாம்; ஒலியே கேட்காமலும் இருக்கலாம். எளிய, திடீரென்று உண்டாகும் அடைப்பில் ஒலிகள் மிகையாகக் கேட்கும். பெரிடோனிய அழற்சி அல்லது குடலசைவு அலையின்மையின்போது வயிற்றில் ஒலிகளே கேளா.

சிறுநீரகத் தமனி அல்லது வயிற்றுப் பெருந்தமனி இறுக்கத்தால் குறுகும்போது, ஒலியறி முறை மூலம் முணுமுணுப்புகளைக் கேட்கலாம். நாட்பட்ட சோகையின்போது கழுத்து நாளங்கள் மீது ஒலியறிக் கருவியைக் கொண்டு வீனஸ் ஹம் (venous hum) எனப்படும் சிரை முணுமுணுப்பைக் கேட்டு நோயை முடிவு செய்யலாம். தலையோட்டினுள், சிரைத் தமனி நாளப்பின்னல் ஏற்பட்டிருந்தால் அதனால் ஏற்படும் முணுமுணுப்பைத் தலையோட்டின் மீது சார்பு ஒலி அளவி வைத்துக் கேட்கலாம்.

- சாரதா கதிரேசன்

ஒலியியல் அளவீடு

ஒலியின் அடிப்படை அளவுகளாகிய அதிர்வெண், திசைவேகம், ஒலிச் செறிவு, ஒலி எதிர்ப்பு (acoustic impedance) ஆகியவற்றை அளத்தலே பொதுவாக ஒலியியல் அளவீடு (acoustical measurement) ஆகும். ஒலி அளவீடு என்பது குறிப்பாகப் பல்வேறு அதிர்வெண் நெடுக்கங்களில் ஒலியின் அழுத்த மட்டங்களை sound pressure levels) அளப்பதைக் குறிக்கும்.

அதிர்வெண் அளவீடு. செந்தர அதிர்வெண் மூலம் (standard frequency source) ஒன்றின் அதிர்வெண்ணுடன் ஆய்வு ஒலியின் அதிர்வெண்ணை விம்மல் அதிர்வெண் முறையில் ஒப்பிட்டு அறியலாம். செந்தர அதிர்வெண் மூலம், மின்னணு வெற்றிடக் குழாய், மின் சுற்றால் நிலைப்படுத்தப்பட்ட அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிக்கவையாகவோ (fork), மிக நுட்பமான செவியுணர் ஒலி அலையியற்றியாகவோ (audio frequency oscillator) இருக்கலாம். இவை தவிர இழை அதிர்வு அளவியின் (sonometer) இழை அல்லது கம்பியின் அதிர்வெண்ணுடன் ஆய்வு ஒலியை ஒப்பிட்டு விம்மல் அதிர்வெண் முறையில் அதிர்வெண்ணைக் காணலாம். எதிர்மின் கதிர் அலைவு காட்டியின் X தகடுகளில் செந்தர அதிர்வெண் மின்னழுத்தத்தையும் Y தகடுகளில் ஆய்வு ஒலியின் மின்னழுத்த (மாற்றுவினை) விளைவையும் கொடுத்து இவற்றால் ஏற்படும் லிசாஜோ (lissajou's) வடிவத்திலிருந்து ஆய்வுஒலியின் அதிர்வெண்ணைக் காணலாம்.

திசைவேக அளவீடு. ஒலி மூலமும் ஒன்றிலிருந்து ஒலி ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவு சென்று மீண்டும் எதிரொலியாகக் கேட்கப்படுவதற்காகும் நேரத்தை அறிந்து அதிலிருந்து ஒலியின் திசை வேகத்தைக் கணக்கிடுதல் பழைய முறையாகும். காந்தப் பரிமாண மாற்ற அலையியற்றி அல்லது அழுத்த மின் விளைவு அலையியற்றியிலிருந்து ஓர் உயர் அதிர்வெண் துடிப்பை (pulse) ஊடகத்தில் ஏற்படுத்தி அது குறிப்பிட்ட தொலைவு சென்று மீண்டும் வந்து சேர்வதற்கான நேரம் நுட்பமாகக் கணக்கிடப்பட்டு அதிலிருந்து திசைவேகத்தைக் கணிப்பது இன்றைய முறையாகும். இம்முறை திண்ம, நீர்ம, வளிம ஊடகங்கள் அனைத்திற்கும் பொருந்தும். இவ் ஊடகங்களின் தம்பங்களில் (columns) நிலையலைகளை (standing waves) ஏற்படுத்தி அலை நீளத்தை (λ) அறிந்து அலைகளின் அதிர்வெண்ணால் (n) பெருக்கித் திசைவேகம் ($v = n\lambda$) காண்பது பிறிதொரு முறையாகும்.

நீர்ம, வளிம ஊடகங்களில் ஓர் அலையியற்றி யால் ஏற்படும் அலைகள் ஒரு மீட்புப் பரப்பால் மீண்டு மூலத்தை வந்தடையும்போது, மூலத்திலிருந்து மீட்புப் பரப்பின் தொலைவைச் சீராக உயர்த்த, அலையியற்றியின் தகட்டு மின்னோட்டம் (plate current) குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிகளில் குறிப்பிட்ட அளவை அடையக் காணலாம். இக்கால இடைவெளி, அலையின் அரை அலை நீளத்திற்குத் தொடர்புடையதாதலால் இதிலிருந்து திசை வேகத்தை அறியலாம். இம்முறைக்கான ஆய்வுக் கருவி அமைப்பு ஒலிக் குறுக்கீட்டு அளவி (acoustic interferometer) எனப்படும். திண்ம, நீர்ம ஊடகங்களில் உயர் அதிர்வெண் ஒலி அலைகளால் நிலையலைகளைத் தோற்றுவித்தால் அவற்றின் கணுக்களும் (nodes) எதிர்க் கணுக்களும் (antinodes) ஒலிக்கீற்றணியாக (acoustic grating) அமைந்து, இக்கீற்றணிக்குச் செங்குத்துத் திசையில் செல்லும் ஒற்றை நிற ஒளியை விளிம்பு விளைவுக்கு உட்படுத்துவதால், இவ்விளிம்பு விளைவுக் கோணத்தை (angle of diffraction) அளந்து அதிலிருந்து ஒலியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிட்டு அறியலாம்.

ஒலிச் செறிவு அளவீடு. ஒலி பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தான ஓர் அலகு பரப்பில் ஒரு நொடியில் செல்லும் ஒலியாற்றலின் அளவாகிய ஒலிச் செறிவை அளக்க, ஒலி பரவும்போது ஊடகத்தின் துகள் திசைவேகம் காணும் ராலே வட்டு முறையும் (Rayleigh's disc method) ஒலியழுத்தத்தை அளந்து செறிவு அறியும் முறைகளும் இருந்தும், இரண்டாம் முறையே விரைவானதும் இன்று பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுவதும் ஆகும். ஓர் ஊடகத்தில் ஒலி பரவுவதால் ஊடகத்தின் நிலையான அழுத்தத்தில் ஏற்படும் உயர்வு ஒலியழுத்தம் எனப்படுகிறது. நடை முறையில் மிகு நெடுக்கத்தில் ஒலியழுத்தங்கள் அமைவதால், ஒலி அழுத்த மட்டங்களை அளக்கும் மடக்கை முறை பயன்படுகிறது. ஒலியழுத்தமட்டம் (SPL) $= 20 \log \frac{p_e}{p_0}$

இங்கு p_e = ஒலியலையின் பயனுறு அழுத்தம்; p_0 = சுட்டுப் பயனுறு அழுத்தம் (reference effective pressure) = .0002 மைக்ரோ பார் (microbar).

ஒரு புள்ளியில் அமையும் ஒலி மட்டம் என்பது ஒலி மட்ட அளவி எனும் கருவியில் அளக்கப்படும். இக்கருவி, உணர் நுட்பமுடைய ஒரு நுட்ப ஒலி ஏற்பி, ஒரு நேரியல் பெருக்கி (linear amplifier), செறிவு வீழ்ப்பான் (attenuator), வெவ்வேறு அதிர்வெண் நெடுக்கங்களுக்கான சிறப்புச் சுற்றுகள் (frequency weighting network) மற்றும் டெசிபல் அளவுகள் குறிக்கப்பட்ட அளவு காட்டி ஆகியவற்றைக் கொண்டதாகும். இக்கருவியால் இரைச்சல் அல்லது கலப்பு அதிர்வெண் ஒலியின் உரப்பு மட்டத்தையும் அளக்கலாம்.

ஒலியியல் எதிர்ப்பு அளவீடு. பாய்ம ஊடகத்தில் ஒரு பரப்பில் செயல்படும் ஒலியழுத்தத்திற்கும், அதே பரப்பில் ஏற்படும் பருமத் திசை வேகத்திற்கும் (volume velocity) உள்ள தகவே அவ்வூடகத்தின் ஒலியியல் எதிர்ப்பு ஆகும். ஒலியியல் எதிர்ப்பை அளந்து, ஒலியியல் அமைப்புகளில் அதற்கேற்ப மின்னியல் எதிர்ப்புகளை (electrical impedances) எளிய முறையில் அமைத்துப் பயன்படுத்துதல் ஒலியியற் பொறியியலில் ஒரு முறையாகும். ஓர் ஊடகத்தில் ஒரு புள்ளியில் அமையும் எதிர்ப்பை, பிற புள்ளிகளில் அளக்கப்படும் ஒலி அழுத்தத்தின் அளவையும் கட்டத்தையும் கொண்டு கணக்கீட்டின் மூலம் அறியலாம். அதிரும் பொருள்கள் வீசும் ஒலி ஆற்றலையும், ஊடகங்கள், குழாய்கள் ஆகியவற்றில் ஒலி பரவும் வகையையும் அறிய இந்த அளவீடு பயன்படும்.

-அ. ஆசப் அலீ

ஒலியியல் இரைச்சல்

பொதுவாக ஒலியை இசையொலி, இரைச்சல் என்று இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். செறிவு (intensity), சுருதி (pitch), சுரப்பண்பு (quality of timbre) என்ற சிறப்பியல்புகளை இசையொலி பெறும். ஆனால் இரைச்சலுக்கென்று குறிப்பிட்ட பண்புகள் எவையும் அதில் இல்லை. இதன் ஒரே சிறப்பு உரப்பு (loudness) என்ற தன்மை மட்டுமே ஆகும். ஓர் ஒலி இரைச்சலா என்பது உள்ளுணர்வைப் பொறுத்து முடிவு செய்ய வேண்டியதாகும். இசை வளிக்காத இவ்விரைச்சல் தன் உரப்பில் திடீர் மாற்றத்தோடு ஒழுங்கற்ற இடைவேளைகளில் வரும். அதாவது, காலமுறை (periodic) இயக்கத்தில் இல்லாத ஒரு மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒழுங்கில்லா அலைவு நேரத்தையும் வீச்சையும் அலையுருவத்தையும் கொண்ட மிகச்சிக்கலான பண்பு படைத்த திடீர் ஒலியே இரைச்சலாகும். ஒற்றை அதிர்வெண் ஒலிகள் அல்லது கலப்பிலா ஓசைகளின் (pure tone) ஒருமித்த சேர்க்கையின் விளைவால் உண்டாகும் இரைச்சலுக்குத் தொடர் அதிர்வெண் நிறமாலை உண்டு. இரைச்சலுக்குச் சான்றாகத் துப்பாக்கி சுடும் ஒலி, தரையில் விழும் தட்டு உண்டாக்கும் ஒலி, இடி முழக்கம், காய்ந்த இலைச் சருகுகளால் ஏற்படும் ஒலி போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

ஒலியியல் இரைச்சலைக் குறிப்பிலா (random) இரைச்சல், சூழ் (ambient) இரைச்சல், வெண்மை white) இரைச்சல், காற்றுச் சுமந்த (air borne) இரைச்சல், கட்டட அமைப்புச் சுமந்த (structure borne) இரைச்சல் என்று வகைப்படுத்தலாம்.

காற்றுத் தாரை (air jet) வெளிப்படும்போது (மிதிவண்டியின் சக்கரக் காற்றைத் திறந்து விடும் போது) உண்டாகும் சீறொலி (hiss) குறிப்பிலா இரைச்சலுக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும். அதிர்வெண் அலகான ஒரு ஹெர்ட்ஸ் அகலமுள்ள அதிர்வெண் பட்டையில் (frequency band) வெளியிடப்பட்ட செறிவில் இத்தகைய இரைச்சலின் அளவு வழக்க மாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதிர்வெண் சார்ந்த ஒரே சீரான பகிர்வு கொண்ட செறிவைக் குறிப்பிலா இரைச்சல் பெற்றால், அது ஒரு ஹெர்ட்ஸுக்கும் மிகுந்த அகலமுள்ள அதிர்வெண்பட்டையில் உள்ள செறிவாகக் கொள்ளப்படுகிறது. பெரும் பாலான அதிர்வெண் நெடுக்கம், 63 ஹெர்ட்ஸ் மைய அதிர்வெண் கொண்ட கீழ்ப்பட்டை பெற்ற எட்டு எண்ம அதிர்வெண்பட்டைகளால் (octave frequency) ஆகியிருக்கலாம். அனைத்து அதிர்வெண் பட்டைகளிலும் உள்ள தனித்தனிச் செறிவு களின் கூட்டுத்தொகையே ஒரு குறிப்பிலா இரைச் சலின் மொத்தச் செறிவாகும்.

ஒலியியல் இரைச்சல் இயற்பியல் வழியாகக் குறிப்பிடப்படுவதைவிட உரப்புப் போன்ற மனத் தால் நேரடியாக உணரப்படுகிற அளவாக மாற்றப் பட்டுக் கையாளப்படுவது பயனுள்ளதாகும். எனவே உரப்பை எந்த அலகால் அளவிடலாமோ அதே அலகால் இதையும் அளவிடலாம். 1000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண்கொண்ட செந்தர மூலம் (standard source) ஒன்றை ஒலிக்கச் செய்து, அதன் உரப்பு அளவிடவேண்டிய இரைச்சலின் உரப்புக்குச் சம மாகும் வரை ஓர் ஒத்திசைவியால் (resonator) சரிப் படுத்தலாம். இதிலிருந்து, செந்தர மூலத்தின் செறிவு மட்டம் (intensity level) வாயிலாக இரைச்சலின் உரப்பைப் பெறலாம். இரைச்சல் மட்டங்களை அளவிட ஃபோன் (phon) என்னும் அலகு பயன்படு கிறது.

ஏதேனும் ஓர் இடத்தில் உள்ள எஞ்சிய இரைச் சலே சூழ் இரைச்சல் எனப்படும். இது அனைத்து இரைச்சல்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். ஓர் அலு வலகத்தில் இருக்கும் சூழ் இரைச்சல், காற்றோட்டம் உண்டாக்கும் கருவிகள், தொலை தூர உரையாடல் கள், அலுவலகப் பொறிகள் போன்றவற்றின் விளை வாகும். குறிப்பிட்ட நெடுக்கத்தில் இருக்கும் ஒவ் வொர் அதிர்வெண்ணிலும் அமையும் ஒரு ஹெர்ட்ஸ் அகலம் கொண்ட பட்டையில் ஒரே செறிவு வாய்ந்த குறிப்பிலா இரைச்சலே வெண்மை இரைச்சல் எனப் படும். பெரும்பாலான குறிப்பிலா ஒலியியல் இரைச்சல் கள், அதிர்வெண் சார்ந்த, நிலையான சீரில்லாப் பகிர்வு கொண்ட செறிவைப் பெற முற்படுகின்றன.

வழக்கமாக வேலை, தூக்கம், பொழுதுபோக்கு ஆகியவற்றை இரைச்சல் தாக்குகிறது. சில சமயங் களில் அலுப்பு, மனச்சோர்வு, எரிச்சல், தலைவலி போன்றவற்றையும் உண்டாக்கக்கூடும். நிலையில்லா அல்லது நிலையான செவிட்டுத்தன்மை போன்ற கேடுறும் விளைவுகளைச்செறிவு மிகுந்த இரைச்சல் உண்டாக்கலாம். தொழிலாளிகளின் வேலை செய்யும் திறனை இரைச்சல் பெரிதும் குறைக்கிறது. இரைச் சல் மலிந்த சுற்றுப்புறச் சூழலில் வாழ்வோர் சிறு தவறுகள் புரிய நேரிடும். சிறுவர்கள் குழந்தைகளின் வளர்ச்சியைக்கூட இது தாக்கக்கூடும்.

சராசரி வளிமண்டல அழுத்தத்தைச் சார்ந்து, காற்றழுத்தத்தில் உண்டாகும் மாறுபாடுகளின் காரணமாகவே காற்றுச் சுமந்த இரைச்சல் தோன்று கிறது. மீட்சியுறு பொருள்களில் உண்டாகும் அதிர்வு களின் காரணமாகக் கட்டிட அமைப்புச் சுமந்த இரைச்சல் உண்டாகிறது. எந்திரங்களால் ஏற்படும் இரைச்சலைத் தவிர்க்க இயலாதபோது ஒலி உட்கவர் பொருள்களால் செய்யப்பட்ட திரைகளை அவற்றின் அருகே தொங்கவிட்டு இரைச்சலைக் குறைக்கலாம். தட்டச்சுப் பொறிகளை ஏற்ற ஒலி உறிஞ்சும் அட்டை கள் மேல் வைத்து தேவையற்ற இரைச்சலைத் தவிர்க் கலாம். காலடி ஓசைகளைத் தேங்காய் நார் போன்ற பொருள்களால் ஆன விரிப்புகளைத் தரையில் அமைத் துக் குறைக்கலாம். வாயில்களும் சன்னல் கதவுகளும் காற்றினால் அசைவதால் ஏற்படும் இரைச்சலை, ரப்பர் அட்டை வைத்தோ காற்றடைத்த குழாய்க் கருவிகளைப் பொருத்தியோ தவிர்க்கலாம்.

மரத்தூள், அட்டைப்பலகை அல்லது தக்கைப் பொருள் போன்றவற்றால் நுண்துளைகள் அமைந்த குறைவான மீட்சிமாறிலி மதிப்புக் கொண்ட பொருள் கள் பொருத்தப்பட்ட சுவர்களைக் கொண்டு வானொலிப் பரப்பு அரங்குகள் ஒலிபுகா வண்ணம் காக்கப்படுகின்றன.

சுவர், தரை, தூலம் போன்ற கட்டடத்தின் அமைப்பிலிருந்து வரக்கூடிய இரைச்சலைத்தான் கட்டட அமைப்புச் சுமந்த இரைச்சல் என்பர். எந்திரங் களை நேரடியாகத் தரையில் அல்லது கட்டடத்தின் மற்ற அமைப்புகளில் பதிக்காமல், ஒலி உட்கவர் பொருள்களின் மேல் வைத்து இயக்கினால் இவ் வகையான இரைச்சல் குறைந்துவிடக் கூடும். இயலாதபோது அறைகளின் வெளிப்புறச் சுவர்களை மிகு பருமனாகக் கட்டிவிட்டால் போதிய காப்புக் கிட்டும். இல்லையேல் சுவரை வெவ்வேறு வகையான பொருள்களால் அடுக்குகளாக அமைத்துக் கட்டலாம். காற்று அல்லது வைக்கோல் திணிக்கப்பட்ட இடை வெளிகொண்ட இரட்டைச் செங்கல் சுவரால் பயனுள்ள காப்பைப் பெறலாம்.

-த. பஞ்சாட்சரம்

ஒலியியல் உரு

ஒரு நீண்ட எதிரொலிக்கும் தளத்தின் முன் ஒரு புள்ளி ஒலி மூலம் வைக்கப்பட்டால், தளத்தின்

மறுபக்கச் சமதொலைவில் மூலத்திலிருந்து தளத்துக்கு வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டில் ஒளி உருவைப் போல், ஓர் ஒலியியல் உரு (acoustical image) இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். ஒலி அலைகள் மீது ஓர் எதிரொலிக்கும் தளத்தால் ஏற்படும் விளைவு களை இத்தகைய உருக்களின் உதவியால் ஊகிக்கலாம். கான்கிரீட், செங்கல் கட்டடம் போன்றவை படுஒலி அலைஆற்றலில் 97-99% எதிரொலிக்கின்றன. இத் தகைய மிகு எதிரொலிக்கும் சுவர்களின் முன் இருக்கும் ஓர் ஒலி மூலம் ஏறத்தாழ மூலத்தின் வலிமைக்கு ஒத்த மூலத்தோடு கட்ட இசைவுடைய உருவைக் கொண்டிருக்கும்.

ஒரு புள்ளியில் ஒரு மூலத்தாலும், எதிரொலிக்கும் தளத்தாலும் ஏற்படும் மொத்த விளைவு, அப் புள்ளியில் ஒலி மூலத்தால் ஏற்படும் விளைவோடு, உருப்புள்ளியில் வைக்கப்படும். அதேஆற்றல் கொண்ட பிறிதொரு மூலத்தின் விளைவு மொத்த விளைவாக இருக்கும். மேலுமோர் எதிரொளிக்கும் தளம் இருந்தால் அது முதல் வரிசை உரு எனப்படும். இவ்வுரு இரண்டாம் வரிசை உரு எனும் மற்றோர் உருவை, இரண்டாம் எதிரொலிக்கும் தளத்திற்கு மறு பக்கத்தில் சமதொலைவில் ஏற்படுத்தும். இவ் வாறு இரண்டாம் வரிசை உரு ஏற்படுத்தும் உரு மூன்றாம் வரிசை உரு எனப்படும். ஒலி உட்கவராத எதிரொலிக்கும் தளங்களுக்கே கணக்கிட்டு முறை சரியான முடிவுகளைத் தந்தாலும், அறைகளில் ஒலி அலைகளால் ஏற்படும் விளைவுகளைக் காண இக் கணக்கீட்டு முறை பெரிதும் உதவியாக உள்ளது. கட்டட ஒலியியலில் இம்முறை பெரிதும் பயன் படுகிறது. காண்க, ஒளியியல் உரு, மின்னியல் உரு.

-வெ. ஜோசப்

ஒலியியல் கண்ணி வெடி

போர்க்களங்களில் எதிரிப்படையினரையும், ஊர்தி களையும், கப்பல்களையும் அழிப்பதற்காக மறைத்து வைக்கப்படும் வெடிமருந்து நிரம்பிய உறை கண்ணி வெடி ஆகும். அவற்றை வெடிப்பதற்குப் பல வகை யான உத்திகள் பயன்படுகின்றன. ஒலிகளின் மூலம் வெடிக்கக்கூடிய கண்ணி வெடிகள் ஒலியியல் கண்ணி வெடிகள் (acoustic mines) எனப்படும். இவை பெரும் பாலும் கடற்போர்களில் பயன்படுகின்றன. இவற்றை விமானங்கள், நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் அல்லது மேற் பரப்புக் கப்பல்களின் உதவியால் ஆழமற்ற கடல் பகுதிகளில் போடுவர். அவை கடலடித் தரையில் போய்த் தங்கி விடும். சில வகைக் கண்ணி வெடிகள் நீரில் மிதக்கவும் செய்யும். அவற்றுக்கு நெருக்கமாக ஓர் எதிரிக்கப்பலோ, நீர்மூழ்கியோ வருமானால் கப்பல்களின் எந்திரங்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒலி அவற்றிலுள்ள ஏற்பிகளை (receivers) இயக்கி அவற்றை வெடிக்கச் செய்யும். மிதப்பு வகைக் கண்ணி வெடிகளைவிடக் கடலடித் தரையில் புதையும் கண்ணி வெடிகளில் மிகு அளவு வெடி மருந்தை நிரப்பி வைக்க முடியும். கண்ணி வெடிகளில் பொது வாக 225-675 கி.கி வரை வெடி மருந்து நிரப்பப் பட்டிருக்கும்.

பல சமயங்களில் ஒலிக்குறியீடு மூலம் வெடிக்க வைக்கும் கருவிகளுடன் காந்தக்குறியீடு மூலம் வெடிக்கச் செய்யும் கருவியும் கண்ணி வெடிகளில் பொருத்தப்படுவதுண்டு. காந்தக்குறியீட்டைத் தவிரப் பிற காரணிகளால் வெடிக்க வைக்கும் கருவிகளும் பொருத்தப்படுவதுண்டு. இத்தகைய கண்ணி வெடி களுக்கு நெருக்கமாக இரும்புப் பொருள்களாலான கப்பலோ, நீர்மூழ்கியோ ஒலியெழுப்பிக் கொண்டு சென்றால்தான் அவை வெடிக்கும். இவ்வகைக் கண்ணி வெடிகளை நீக்கி அழிப்பது எளிதானதன்று, ஏனெனில் இவை ஒலிக்குறியீடும் காந்தக் குறியீடும் ஒரே சமயத்தில் வந்தால்தான் வெடிக்கும். பொது வாக ஒலியியல் கண்ணி வெடிகளை நீக்கும் கண்ணி வாரிக் கப்பல்கள் (minesweepers) பாதுகாப்பான தொலைவில் நின்றவாறு உயர் ஆற்றலுள்ள ஒலி அலைகளை நீரின் ஊடாகச் செலுத்திக் கண்ணி வெடிகளை வெடிக்க வைத்து அழித்து விடுகின்றன.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒலியியல் நேர்போக்கான நேர்போக்கற்ற

நேர்போக்கு ஒலியியல் என்பது சிறிய வீச்சுள்ள ஒலிகளை ஆராய்வதாகும். பெரிய வீச்சுகளுள்ள ஒலி களின் ஆய்வு நேர்போக்கற்ற ஒலியியல் எனப்படும். இவை ஒலிகளின் வீச்சுப் பண்புகளைப் பற்றி விளக்கு பவை. நேர் போக்கு ஒலியியலையைச் சிலசமயங்களில் நுண் வீச்சு ஒலி அலைகள் அல்லது சாதாரண மான ஒலி அலைகளின் ஆய்வாகவும் குறிப்பிடுவர். நேர்போக்கற்ற ஒலியியல் சில சமயங்களில் வரை படுத்தப்பட்ட வீச்சு ஒலியியல், உயர் செறிவு ஒலியியல், பேரொலியியல் (macro sonics) என்னும் பெயர்களாலும் குறிப்பிடப்படுகிறது. பாய்ம எந்திர வியலின் பல சிக்கல்கள் அவற்றின் தீர்வைக் கண்டு பிடிக்கப் பயன்படும் கணக்கு முறையின் தன்மை காரணமாக நேர் போக்கற்றவையாக உள்ளன. குறிப் பாக ஒலியைப் பற்றிய இயற்பியல் சிக்கல்கள் ஒலியியல் சிக்கல்கள் எனப்படும். கணிதக் கண்ணோட்டத்தில், ஒலி அலைகளின் பழங்கொள்கைப்படி நேர்போக்குப் பகுதி வகை கெழுச் சமன்பாடு பங்கு பெறும் சிக் கல்கள் நேர்போக்கு ஒலியியல் சிக்கல்கள் எனவும், நேர்போக்கற்ற பகுதி வகை கெழுச் சமன்பாடு பங்கு

கொள்பவை நேர் போக்கற்ற ஒலியியல் சிக்கல்கள் எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

கட்டட ஒலியியலிலும், இசை ஒலியியலிலும் உள்ள பெரும்பாலான சிக்கல்கள் சிறிய வீச்சுள்ள ஒலிகளைப் பற்றியவை. எனவே அவை நேர்போக்கு ஒலியியல் வகையைச் சேர்ந்தவை. நடைமுறையில் ஒரு சராசரி மனிதனின் காதுக்குத் தீமை ஏற்படுத் தாத அளவிலுள்ள ஒலிகள் அனைத்துமே நேர் போக்கு ஒலியியல் பகுதியைச் சேர்ந்தவை. கடலடி யில் பரப்பப்படும் ஒலிகள், தரையிலிருந்து கப்பல் களுக்கு அனுப்பப்படும் ஒலிகள் ஆகியவற்றில் ஓர் அதிர்வு செய்யும் அமைப்புக்கும் நீருக்கும் இடையில் இடைவினை ஏற்படுகிறது. அந்த அமைப்பும், நீரும் மிகச்சிறிய வீச்சுடனேயே அதிர்வு செய்வதால் இத் தகைய ஒலிப்பரவல்கள் பற்றிய சிக்கல்களும் நேர் போக்கு ஒலியியலைச் சேர்ந்தவையே.

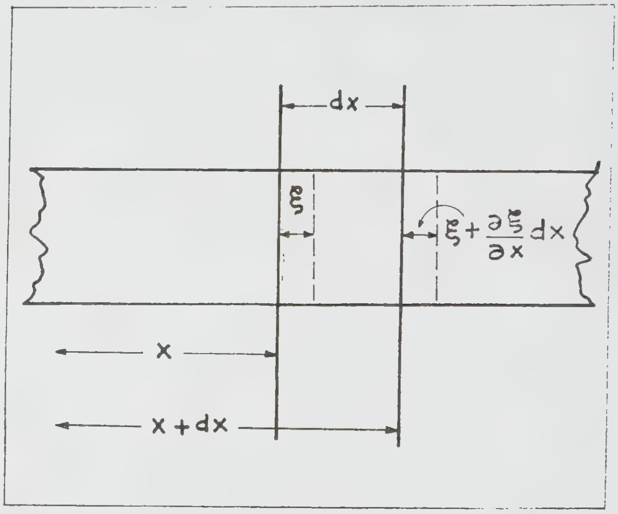
பெரும் வெடிகளிலிருந்து தோன்றும் ஒலிகள் பெரும் வீச்சுள்ளவை. ஒலி வேகத்தைவிடக் குறை வான வேகத்திலிருந்து மிகுதியான வேகத்துக்கு மாற்றமடையும் பாய்வுகளும் அவற்றின் காரண மாகத் தோன்றும் அதிர்ச்சி அலைகளும் பெரும் வீச்சுடையவை. இவை பற்றிய சிக்கல்கள் அனைத் தும் நேர்போக்கற்ற வகையைச் சேர்ந்தவை.

அடிப்படைச் சமன்பாடுகள். ஒரு தள ஒலி அலையை எடுத்துக்கொள்ளலாம். அதில் x என்ற ஆயப்புள்ளித் தளத்திலுள்ள துகள்கள் அனைத்தும் சம அளவில் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன (படம் 1). இந்த இடப்பெயர்ச்சி இட ஆயமான x நேரம் t ஆகியவற்றை மட்டுமே சார்ந்த ஒரு சார்பெண் எனலாம். x, $x + dx$ என்னும் ஆயப்புள்ளிகளிலுள்ள தளங்களுக்கு இடையில் நிறைந்துள்ள, குலைக்கப் படாத பாய்மத்தின் நிறை $\rho_0 s\,dx$. இங்கு ρ_0 என்பது ஊடகத்தின் சராசரிச் சமநிலை அடர்த்தி; s என்பது அந்தத் தளங்களின் குறுக்குப் பரப்பளவு; ஓர் ஒலி அலை கடந்து செல்லும்போது x இல் உள்ள தளம் வலப்பக்கமாக ξ தொலைவு நகர்வதாகக் கொள்ள லாம். $x + dx$ என்ற புள்ளியிலுள்ள தளம் $\xi + d\xi$ தொலைவு நகரலாம். இங்கு $d\xi = (\partial\xi/\partial x)dx$. எனவே இரு தளங்களுக்கும் இடையிலுள்ள பருமம் $s\,dx\,(1 + \partial\xi/\partial x)$ ஆகவும் நிறை $\rho s\,dx\,(1+\partial\xi/\partial x)$ ஆகவும் மாறுகின்றன. இங்கு ρ என்பது அந்தக்கணத் தில் ஊடகத்தின் அடர்த்தி; நிறை மாறாது என்பதால்

$$\rho s\,dx\,(1 + \partial\xi/\partial x) = \rho_0\, s\,dx \;\ldots\ldots \qquad (1)$$

$\rho = \rho_0(1 + s)$ ஆதலால் $(1+s)\left(1+ \dfrac{\partial\xi}{\partial x}\right)=1 \qquad (2)$

s, $\partial\xi/\partial x$ ஆகிய இரண்டும் ஒன்றை விட மிகச் சிறியவை எனில், $s\,\partial\xi/\partial x$-ஐப் புறக்கணித்து விட லாம். அப்போது $s = -\partial\xi/\partial x \ldots$ (3), இச்சமன்பாடு தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு (equation of continuity) எனப்படும்.



படம் 1. ஒற்றைப்பரிமாண ஒருதள ஒலிஅலை பரவுதல்

$s\,dx$ என்னும் பருமக் கூறின் இரு முகங்களிலும் தோன்றும் தொகுபயன் அழுத்தங்கள் சற்றே வேறு பட்டிருக்கும். எனவே அவற்றில் ஒரு நிகரான விசை தோன்றி அக்கூறை முடுக்கும். ஒவ்வொரு முகத்திலும் செயல்படும் வெளிவிசை அழுத்தம், முகத்தின் பரப் பளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலன் ஆகும். $s\,dx$ பரப்பின் மேல் நேரின x திசையில் செயல்படும் நிகர விசை,

$$dF_x = \left[p - \left(p \times \frac{\partial p}{\partial x}dx\right)\right]s = -\frac{\partial p}{\partial x}dx\,s$$

இங்கு p என்பது எந்த ஒரு புள்ளியிலுமுள்ள உடனடி அழுத்தம்; அது p_0+p' க்குச் சமம். இதில் p' என்பது ஒரு புள்ளியிலுள்ள மிகை அழுத்தம் அல்லது ஒலி அழுத்தம், நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதியின் மூலம் கூறின் நிறை, அதன் முடுக்கம் ஆகிய வற்றின் பெருக்கற் பலனுக்குச் சமம். எனவே,

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \rho_0 \frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} \qquad \ldots\ldots \qquad (5)$$

ஒலி அலை கடந்து செல்லும்போது வெப்பநிலை மாறவில்லை எனக் கருதினால்

$$p/p_0 = \rho/\rho_0$$

இங்கு p_0 என்பது ஊடகத்தின் சராசரிச் சமநிலை அழுத்தம்; ஆனாலும் சாதாரண ஒலி அலைகள்

பரவும்போது ஊடகத்தில் தோன்றும் நெருக்கம் (condensation) $s = (\rho-\rho_0)/\rho_0$ விரைவாகத் தன் குறியை மாற்றிக் கொண்டேயிருக்கும். அதாவது நெருக்கம் விலக்கமாகவும், விலக்கம் நெருக்கமாக வும் விரைவாக மாறிக் கொண்டேயிருக்கும். எனவே வெப்பநிலையும் விரைவாக ஏற்றத்தாழ்வு டன் மாறிக் கொண்டிருக்கும். இதனால் பாய்மத்தின் அடுத்தடுத்துள்ள படலங்களுக்கு இடையில் வெப்பப் பரிமாற்றம் ஏற்பட நேரமே இராது. வெப்பம் ஒரு கூறிலிருந்து அடுத்த கூறுக்குப் போவதற்குள் அதன் திசை தலைகீழாக மாற்றப்பட்டுவிடும். எனவே இந்த நிலை வெப்பம் பரிமாறிக் கொள்ளப்படாத ஒரு வெப்பமாறா நிகழ்வை (adiabatic process) ஒத்துள்ளது. எனவே,

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^r \qquad \ldots\ldots \quad (7)$$

r என்பது பாய்மத்தின் மாறா அழுத்த வெப்ப எண்ணுக்கும் மாறாப் பரும வெப்ப எண்ணுக்கும் இடையிலான தகவு. அது வெப்ப மாற்றீடற்ற மாறிலி எனப்படும். காற்றுக்கு அதன் மதிப்பு ஏறத் தாழ 1.4.

பெரிய வீச்சுள்ள வெப்ப மாற்றீடற்ற அலை களுக்கு 2,5,7 ஆகிய சமன்பாடுகளை இணைத்து,

$$\frac{p_0 r}{\rho_0} \frac{\partial^2\xi/\partial x^2}{(1+\partial\xi/\partial x)^{r+1}} = \frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} \qquad \ldots\ldots \quad (8)$$

எனக் காட்டலாம்.

$p_0 r/\rho_0 = c^2$ எனில் பெரும் வீச்சுள்ள நேர்போக் கற்ற ஒரு தள அலைகளுக்கு இறுதியான வெப்ப மாற்றீடற்ற இயக்கச் சமன்பாடு

$$c^2 \times \frac{\partial^2\xi/\partial x^2}{(+\partial\xi/\partial x)^{r+1}} = \frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} \qquad \ldots\ldots \quad (9)$$

இச்செயல்முறை மாறா வெப்பநிலையில் நிகழு மாயின் r = 1. மிகச் சிறிய இயக்கங்களுக்கு $s = -\frac{\partial\xi}{\partial x}$ மிகக் குறைவாயிருக்கும். அப்போது 9ஆம் சமன்பாடு ஒலி அலைகளின் நேர்போக்குச் சமன் படாகப் பின்வருமாறு சுருங்கும்.

$$c^2 \times \frac{\partial^2\xi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} \qquad \ldots\ldots \quad (10)$$

இதன் பொதுத்தீர்வு பின்வருமாறு:

$$\xi = f_1(ct-x)+f_2(ct+x) \qquad \ldots\ldots \quad (11)$$

சிறிய இடப்பெயர்ச்சிகள் உருமாற்றம் அடையாமல் c என்ற திசைவேகத்துடன் பரவுவதாக இத்தீர்வு கூறுகிறது. ஊடகத்தில் ஏற்படும் இழப்புகளைத் தவிர்த்து விட்டால் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் கிளர்வு உருக்குலைவு அடையாமல் c என் னும் திசைவேகத்துடன் பரவும். ஆனால் 9-ஆம் சமன் பாட்டை நிறைவு செய்யும் பெரும் வீச்சுள்ள அலை களுக்கு இக்கூற்றுப் பொருந்தாது. இதைக் காண ஒரு நீண்ட, நேர்குழாயில் சிறிய வீச்சு அலைகளுக்கும் பெரிய வீச்சு அலைகளுக்கும் இடைப்பட்ட நிலை மாற்றப் பகுதியைக் கவனிக்கவேண்டும். அதில் ஓர் உந்து தண்டு x = o என்னும் புள்ளியில் $\xi = f(t)$ என்னும் தன்னிச்சையான முறையில் இயங்கலாம். 9ஆம் சமன் பாட்டின் பின்னக் கீழெண்ணை (denominator) விரித்து ξ-இன் இரண்டாம் வகைக் கெழுவைவிடப் பெரும் பதங்களை ஒதுக்கி விட்டால் நிலைமாற்றப் பகுதிக்கான பின்வரும் தோராயமான சமன்பாடு கிடைக்கிறது.

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2\xi}{\partial x^2} - (r+1)\, c^2 \frac{\partial\xi}{\partial x} \frac{\partial^2\xi}{\partial x^2} \quad (12)$$

10-ஆம் சமன்பாட்டின் தீர்வு $\xi = f(t-x/c)$ இதை 12ஆம் சமன்பாட்டின் வலப்புறத்திலுள்ள இறுதிப் பதத்தில் பதிலீடு செய்தால்

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2\xi}{\partial x^2} - \frac{1}{2}(r+1) \frac{\partial}{\partial x} \left\{ f'\left(t-\frac{x}{c}\right)\right\}^2 \qquad \ldots\ldots \quad (13)$$

இந்தச் சமன்பாட்டின் தீர்வு பின்வருமாறு:

$$\xi = f\left(t-\frac{x}{c}\right) + \frac{r+1}{4c^2}\, x \left\{ f'\left(f-\frac{x}{c}\right)\right\}^2 \qquad \ldots\ldots \quad (14)$$

குழாயின் ஒரு முனையில் உந்து தண்டு தனி இசைத் தன்மையில் இயங்குவதாக வைத்துக் கொண் டால், அதாவது $f(t) = a \cos \omega t$ எனில்,

$$\xi = a \cos\omega\left(t-\frac{x}{c}\right) + \frac{(r+1)\,\omega^2 a^2}{8c^2}\, x \left\{1-\cos 2\omega\left(t-\frac{x}{c}\right)\right\} \quad (15)$$

இதிலிருந்து x > o என்னும் நிலைகளில் எந்த ஒரு துகளின் இடப்பெயர்ச்சியும் தனி இசைத்தன்மை யுடன் இல்லை என்பதும் தொடக்க அலை வடிவத்தி லிருந்து உருக்குலைவு அடைந்ததாகி விடுகிறது என்பதும் விளங்குகிறது.

ஒலிச்செறிவும் அழுத்தமும். ஒலிச்செறிவு என்பது அலகுப் பரப்பின் ஊடாகப் பரவும் சராசரித் திறன் அல்லது சராசரி ஆற்றல் ஆகும். எனவே ஒலிச்செறிவு

$$I = \frac{1}{T}\int_0^T p' \frac{d\xi}{dt} dt \quad \text{...... (16)}$$

இங்கு p^1 என்பது கூடுதல் அழுத்தம், $d\xi/dt$ என்பது ஊடகத் துகளின் திசைவேகம். T-இன் மதிப்பு தன்னிச்சையாகத் தேர்தெடுத்துக் கொள்ளப்படும். சைன் அலைகளுக்கு T-இன் மதிப்பு அதிர்வு நேரத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட முழு எண்மடங்காக வைத்துக் கொள்ளலாம். வெப்ப மாறாச் செயல் முறைகளுக்கு $p = p_0 (\rho/\rho_0)^r$. மாறா வெப்ப நிலைச் செயல் முறைகளுக்குr = 1. மேலும் $s = (\rho/\rho_0)^{-1}$ பொதுவான நேர்போக்கற்ற அலையின் திசைவேகம் மாறா வெப்ப நிலைச் செயல் முறைகளுக்கு,

$$\frac{d\xi}{dt} = \pm c \log (1+s) \text{ எனவும்}$$

வெப்ப மாறாச் செயல் முறைகளுக்கு,

$$\frac{d\xi}{dt} = \pm \frac{2c}{r-1}\left[1-(1+s)^{(r-2)}2\right] \text{எனவும்}$$

தெரிகிறது. இருவகையான செயல் முறைகளுக்கும் s, ஒன்றைவிட மிகச் சிறியதாக உள்ள நேர்போக்கு நிகழ்வுக்கு $d\xi/dt = \pm cs$.

சிறிய வீச்சுள்ள சைன் அலைகளுக்கு,

$$I = \frac{1}{T}\int_0^T p_0 r c s^2 dt$$

எனவே,

$$\frac{1}{p_0 c} = r \cdot \frac{1}{T}\int_0^T s^2 dt$$

$$s = s_0 \cos \omega t$$

வெப்ப மாறா நிகழ்வுகளுக்கு $1/p_0c = r s_0^2/_2$.

மாறா வெப்பநிலை நிகழ்வுகளுக்கு $1/p_0c = s_0^2/_2$.

நேர்போக்கற்ற நிகழ்வுக்கு $p, s, d\xi/dt$ இவற்றின் மதிப்புகளை 16ஆம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்து எண் தன்மையில் தொகைப்படுத்த வேண்டும். நேர் போக்குக் கொள்கை 0.4-க்குக் குறைவான s_0 மதிப்புகளுக்குச் சரியாக இருப்பதாகக் காணப்பட்டுள்ளது.

நேர்போக்கு அல்லது நேர் போக்கற்ற வெப்ப மாறா வகைக்கு உண்டாக்கப்படும் ஒலி அழுத்தம் $p = p_0 (1+s)^r - p_0$ சுற்றியுள்ள அழுத்தம் ஒரு வளியழுத்தத்திற்குச் சமம் எனக் கருதினால் 0.0002 டைன் /ச.செமீ ஐச் சார்ந்த ஒலி அழுத்த மட்டம் (sound pressure level) = 20 $\log_{10}$ p+74 டெசிபெல் இங்கு டைன் சதுர செண்ட்டிமீட்டரில் குறிப்பிடப் படுகிறது.

வெடிப்பு அலைகள். வெடிப்புகளால் உண்டாகும் அலைகள் (explosive waves) தொடக்கத்தில் நேர் போக்கற்ற வகையைச் சேர்ந்தவையாக இருக்கும். ஆனால் அவை ஊடகத்தில் சிறிது தொலைவு பரவிய பிறகு அவற்றின் வீச்சுகள் குறைந்து நேர் போக்குள்ளவையாகி விடும். வெடிகளிலிருந்து தோன்றுபவை அதிர்ச்சி அலைகள் ஆகும். அவற்றின் அலை முகப்புகள் மிகவும் செங்குத்தானவை. எனவே அவற்றைப் பகுப்பாய்வு செய்வதற்குச் சிக்கலான நடைமுறைகள் தேவைப்படும். அதிர்ச்சி அலைகள் மிகக் குறைந்த நேரமே நீடிக்கும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒலியியல் மின் விளைவு

ஒலி ஆற்றலை மின்னாற்றலாகவும், மின்னாற்றலை ஒலி ஆற்றலாகவும் மாற்றுவதை விளக்கும் பிரிவு ஒலிமின்னியலாகும். தொலைபேசி, வானொலி, தொலைக் காட்சி, திரைப்படம், நாடாப் பதிவு போன்ற பல கருவிகளில் இத்தகைய ஆற்றல் மாற்றிகள் பயன்படுகின்றன.

ஒலித்தோற்றுவாய். ஒரு மீட்சித்தன்மையுள்ள ஊடகத்தின் அடர்த்தியை மாற்றி ஒலியைத் தோற்றுவிக்கலாம். மீட்சியுறு ஊடகத்தின் அடர்த்தி மாற்றத்தை எந்திரவியல், வெப்பவியல், மின்னியல், காந்தவியல், வேதியியல் போன்ற பல விளைவுகளைப் பயன்படுத்தி உண்டாக்கலாம். அவற்றுள் மிகச் சிறப்பாகத் தொழில் துறையில் பயன்பட்டு வருவது மின் காந்த ஆற்றலைக் கொண்டு எந்திரவியல் அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தி ஒலியைத் தோற்றுவிக்கும் கருவிகளேயாகும். ஓர் இரும்புத்துண்டு காந்தத்தால் இழுக்கப்படும் தன்மையே மின்சார மணிக்கும் தொலைபேசி ஏற்பிக்கும் அடிப்படையாக அமைகிறது. அதேபோல் ஒரு மாறு மின்னோட்டம் தாங்கிய கம்பி காந்தப் புலத்தில் நகர்வது வானொலி, தொலைக் காட்சிகளில் பயன்படும் ஒலிப்பான்களுக்கு (loud speaker) அடிப்படையாக அமைகிறது. இவற்றைப் பொருத்தமாக மின்னொலி மாற்றிகள் என்று குறிப்பிடலாம். ஏனெனில் இவை மின்னியல் மாற்றங்களைத் தண்டு, மெல்லியதகடு, இடைத்திரை போன்றவற்றில் எந்திர அதிர்வுகளாக மாற்றி ஒலியைத் தருகின்றன.

மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றிகள். மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்தும் ஒலித் தோற்றுவாயைத் திரும்பப் பெற முடியாதது, திரும்பப் பெறக் கூடியது என இருவகைப்படுத்தலாம். முதல்வகைத் தோற்றுவாயில் ஒலிக் கதிர்வீச்சிற்கு, அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட ஒரு பாய் பொருளிலிருந்து ஆற்றல் கிடைக்கிறது. அதை மாற்றவும், கட்டுப்படுத்தவும் மின்னாற்றல் பயன்படுகிறது. சான்றாக மாறுகாந்தப் புலம் ஒரு தண்டு அல்லது ஓர் இடைத்திரையில் அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தும். அவ்வதிர்வுகள் ஒரு குறுகிய துளையின் ஊடே செல்லும் அழுத்தப்பட்ட காற்றின் ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். அத்தகைய கருவி செயல்திறன் மிகுந்த ஒலி அலைகளை ஏற்படுத்தும். இரண்டாம் வகையில் மின்னாற்றல் எந்திர ஆற்றலாக நேரடியாக மாற்றப்பட்டுப் பின் ஒலி ஆற்றலாக வெளிப்படுகிறது. இத்தகைய தோற்றுவாயைப் பின்னோக்கியாகவும் பயன்படுத்தலாம். அதாவது ஒலி ஆற்றலைக் கொண்டு மின்னாற்றலைப் பெறலாம். எனவே, அக்கருவிகளை ஒலி ஏற்பிகளாகப் பயன்படுத்தலாம்.

மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றியின் பண்புகள்

வெளியீட்டுத்திறன். வெளியீட்டு அளவிற்கும் உள்ளீட்டு அளவிற்கும் உள்ள தகவு, எண்ணிக்கை மிகுந்து இருக்கவேண்டும்.

திசைச் சார்புக் காரணி. இது, திசையை ஒட்டிக் கதிர்வீச்சின் செறிவு மாறுவதைக் குறிப்பது. எல்லாத் திசைகளிலும் இக்காரணி ஒரே மதிப்பைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

நேர் பண்பு. இது, வெளியீட்டுக்கதிர்வீச்சு உள்ளீட்டு மின்புலத்திற்கோ உள்ளீட்டு மின்னழுத்தத்திற்கோ நேர்விகிதத்திலிருப்பது. அவ்வாறு இல்லையெனில் வெளியீட்டுக் கதிர்வீச்சில் சிதறலிருக்கும்.

ஒலிவாங்கி. இக்கருவி ஒலி அதிர்வுகளை அதற்கேற்பக் கேள் அதிர்வு மின் அலைகளாக மாற்றுவதற்குப் பயன்படுகிறது. பின்னர் இம்மின் அலைகள் பண்பு மாறாமல் மிகைப்படுத்தப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படும். இத்தகைய ஒலிவாங்கி தொலைபேசி, வானொலி, ஒளியியல் மூலம் நாடாப்பதிவு செய்தல் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது. ஒலிவாங்கிகளை அழுத்த ஒலிவாங்கி அழுத்தச் சரிவு ஒலிவாங்கி என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். முதற் பிரிவில் கார்பன் ஒலிவாங்கி, வெப்பக் கம்பி ஒலிவாங்கி, மின்தேக்கி ஒலிவாங்கி, அசையும் சுருள் மின்னியக்க ஒலிவாங்கி, படிக ஒலிவாங்கி ஆகியவை அடங்கும். இரண்டாம் வகையில் நாடா ஒலிவாங்கி உள்ளது. ஓர் உயர்ந்த ஒலிவாங்கி உணர்வு நுட்பமிகுதி, கேள் அதிர்வு எல்லை முழுதும் சீரான ஏற்புத்திறன், தன் இரைச்சல் இல்லாமை ஆகிய பண்புகளைப் பெற்று இருக்கும்.

கார்பன் ஒலிவாங்கி. இரு மெல்லிய பளபளப்பான இணையான கார்பன் தகடுகளுக்கிடையே கார்பன் துகள்கள் அழுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் ஒரு தகடு ஓர் இடைத்திரையின் மையத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் தகடுகளின் முனைகள் ஒரு மின்கலம், மின்மாற்றி கொண்ட ஒரு தொடர் மின் சுற்றில் உள்ளன. ஒலி அதிர்வுகளால் ஏற்படும் காற்று அழுத்த மாற்றங்கள் இடைத்திரையை அசையச் செய்கின்றன. இதனால் கார்பன் துகள்களின் நெருக்கம் ஒலிக்கேற்ப மாறுபட்டு அது மின் சுற்றிற்கு வழங்கும் மின்தடையிலும் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. எனவே, மின்சுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டம் ஒலிக்கு ஏற்ப மாறுபாடு அடைகிறது.

இந்த ஒலிவாங்கியின் அதிர்வு எண்ணிற்கேற்ப ஏற்புத்தன்மை, மின்கலத்தின் மின்னழுத்தம் இடைத்திரையின் பரப்பு இவற்றிற்கு நேர்விகிதத்திலும் இடைத்திரையின் விரைப்பு மின்சுற்றின் மின்தடை இவற்றிற்கு எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளது. ஆனால் மின்கலத்தின் மின்னழுத்தம் ஓரளவிற்குமேல் மிகுந்தால் தன்னிரைச்சலும் மிகும். உணர்வு நுட்பத்தை உயர்த்தக் கார்பன் துகள் அமைப்பை இடைத்திரையின் இரு புறமும் இருக்கச் செய்யலாம். ஆனால் தன்னிரைச்சல் மிகுதியாகும்.

மின்தேக்கி ஒலிவாங்கி. ஓர் இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறன் தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மாற்றத்தால் வேறுபடுகிறது. இந்த அடிப்படையில் அமைவது மின் தேக்கி ஒலி வாங்கியாகும். மின்தேக்கியின் ஒரு தட்டு ஓர் இடைத்திரையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளி இயல்பாக மிகக் குறைவாக இருக்கும். ஒலி அலையால் இடைத்திரை அதிர்வடையும்போது மின்தேக்கியின் காற்று இடைவெளி மாறுபட்டு மின்தேக்கு திறன் மாறுபடுகிறது. எனவே, மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் சுற்றில் மின்னோட்டம் ஒலிக்கு ஏற்ப மாறுபடுகிறது. அதைப் பண்பு மாறாமல் மிகைப்படுத்திப் பயன்படுத்தலாம். இந்த ஒலிவாங்கி 10,000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண் வரை சீராக இயங்குகிறது. தன்னிரைச்சல் மிகக் குறைவு; திசையை ஒட்டிய ஏற்புப் பண்பு மிகுதி; இவ்வமைப்பில் மிக உயர்ந்த உள் மின்தடை உள்ளது.

அசையும் சுருள் மின்னியக்க ஒலிவாங்கி. மின்னோட்டம் தாங்கிய கம்பிச்சுருள் காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும்போது ஒரு விசைக்கு உள்ளாகிறது. மாறாக, காந்தப் புலத்தில் மின்கடத்தும் கம்பிச்சுருள் ஒன்று அசையும்போது மூடிய சுற்றில் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இதை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டதே இவ்வகை ஒலிவாங்கியாகும். ஓர் அட்டைக் குழாயில் சுற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் ஓர் இடைத்திரையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும்

கம்பிச்சுருள் இரு நிலையான காந்தப்புலங்களுக்குக் கிடையேயும் இருக்குமாறு அமைக்கப்படுகிறது. இடைத்திரை ஒலி அலைகளால் அதிரும்போது கம்பிச்சுருள் காந்தப்புலத்தில் அசைந்து மாறு மின்னோட்டத்தைப் பெறுகிறது. ஒலிக்கேற்ற இந்த மாறுமின்னோட்டத்தைப் பண்பு குறையாமல் பெருக்கிப் பயன்படுத்தலாம். சிறந்த உணர்வு நுட்பமும், வலிவான அமைப்பும், கேள் அதிர்வெண் எல்லைமுழுதும் சீரான ஏற்புப் பண்பும் பெற்றிருப்ப தால் இவ்வொலி வாங்கி மிகவும் வழக்கத்தில் உள்ளது.

நாடா ஒலிவாங்கி. அசையும் சுருளுக்குப் பதிலாக மெல்லிய அலுமினியத்தாலான நாடா, காந்த முனைகளுக்கிடையே தொங்கவிடப்படுகிறது. நாடா தன் நீளவாட்டிற்கு நேர் செங்குத்துத் திசையில் மடிக்கப்பட்டிருப்பதால், முன்னோக்கியும், பின் னோக்கியும் தன்னிச்சையாக அசைய முடிகிறது. காந்த முனைத்திசையில் எவ்வித அசைவும் இருக்காது. நாடா ஒலிவாங்கி இவ்வமைப்பைத் தவிர, செயல்திறனில் அசையும் சுருள் மின்னியக்க ஒலி வாங்கியை ஒத்தது. தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் இங்குக் குறைவாக இருப்பினும், திசைப்பண்பு சிறப்பாக உள்ளது. வானொலி நிலையங்களில் ஒலி எல்லையைக் காணவும் இது பயன்படுகிறது.

ஒலிப்பான். இது ஒலிவாங்கியின் திறனுக்கு நேர் எதிராகச் செயல்படுகிறது. அதாவது ஒலிவாங்கியில் ஏற்படும் மாறு மின்னோட்டத்தை ஒலி அலைகளாக மாற்றி ஒலிபரப்பப் பயன்படுகிறது. கேள் அதிர்வெண் அலைகள் உற்பத்தி செய்யும் மின்னோட்ட மாறு பாடுகள் மிகக்குறைவாக இருக்குமாதலால், ஒலிப் பான்களுக்கு அம்மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கும் முன்னர், பண்பு குறையாமல் பெருக்க வேண்டும். எனவே, ஒரு சிறந்த ஒலிப்பான் தன்னிடம் கொடுக்கப் பட்ட மின்னலைகளுக்கு ஒப்ப ஒலி அலைகளைச் சீராக மாற்றித்தர வேண்டும். மேலும் அதிர்வெண் எல்லை முழுதும் சீரான செயல்திறன் கொண்டதாகவும் இருக்கவேண்டும். ஒலிப்பான்கள் அசையும் காந்த வகை என்றும், அசையும் சுருள் வகை என்றும் இரு வகைப்படும். முதல் வகையின் செயற்பாடு தொலை பேசி ஏற்பியையும், இரண்டாம் வகையின் செயற்பாடு அசையும் சுருள் ஒலிவாங்கியையும் ஒத்தது.

- சீ. இராஜன்

நூலோதி: 1. L, P, Sharma. H.C. Saxena, 'A text book of sound, S. Chand & Co., Delhi, 1968.

ஒலியெல்லைத் தடை

இது இரண்டாம் உலகப்போரின்போது வானூர்தி யியலில் வழக்கிற்கு வந்த கலைச்சொல் ஆகும். ஒலியின் வேகத்தினும் தாழ்ந்த வேகத்தில் காற்றில் பறக்கும் வானவூர்திகள் தம் வேகத்தை மிகுத்து ஒலியின் வேக எல்லையைக் கடக்க முயலும் நேரத்தில் எதிர்ப்படும் தொழில் நுட்பவியல் சார்பான இடர்ப் பாடுகளை உருவகப்படுத்திக்காட்ட இச்சொல் பயன் பட்டது.

ஒலியின் வேகத்தினும் குறைந்த வேகத்தில் பறப் பதற்கான வானூர்தி வடிவமைப்புகளைச் செய்து ஆய்வுக்குட்படுத்திய வானூர்தி எந்திரவியலார் வானூர்தியின் வேகம் படிப்படியாக மிகுந்து ஒலியின் வேகத்தை எட்டும்போது காற்றின் உராய்வு மிகுந்து அவை முன்னேற முடியாமல் தேக்க நிலைக்கு வரு வதையும், உயர்ந்தெழ முடியாததையும், ஓட்டுவோ ரால் அந்நிலையில் ஊர்தியைக் கட்டுப்படுத்திச் செலுத்த முடியாமல் போய் விடுவதையும் நேருக்கு நேராகக் கண்டனர். இத்தகைய பட்டறிவு ஒலியின் வேக எல்லையில் நுழையும் காலத்தில் வன்மைமிக்க தும், கட்டுப்படுத்த முடியாததுமான நிகழ்வுகள் ஏற் படுவதைத் தவிர்க்க முடியாது எனத் தெளிவுறுத்த தியது.

தீங்குதரும் இவ்விளைவுகள் யாவும் மொத்தத்தில் பொதுவாக ஒலியெல்லைத்தடை (sonic barrier) எனக் குறிப்பிடப்பட்டன. ஆனால் பீரங்கிக் குண்டு களை ஒலியின் வேகத்தினும் உயர்ந்த வேகத்தில் வீசும் வல்லுநர்கள், இத்தகைய சிக்கல் எதுவும் பீரங்கி உமிழ்ந்து எறியும் குண்டுகளின் இயக்கத்திற்கு எதிராகச் செயல்படுவதில்லை என்னும் உண்மையை நீண்ட காலமாகவே அறிந்திருந்தனர். இதுபற்றி இரண்டாம் உலகப்போருக்கு முன்னரும், பின்னரும் மேற்கொண்ட ஆழ்ந்த ஆய்வுகளில் ஊர்தியைச் சுற்றிலும் அதிர்ச்சி அலைகள் தோன்றுகின்றன என்றும் அவ்வலைகள் அடிப்படைக் காற்று அடுக்கு களைக் குலைத்து காற்றியங்கு பரப்பிலிருந்து தனி யான ஓட்டத்தை உண்டாக்கி விடுகின்றன என்றும் தெரிவித்தன.

நகர்ந்து செல்லும் பொருள் அது செல்லும் திசை யிலேயே ஒலி அலைகளை அனுப்பியவாறு செல்கின் றது. ஒரு பந்தை எறியும்போது அப்பந்து எழுப்பும் அலைகள் அது செல்ல இருக்கும் பாதையில் முன்ன தாவே செல்லத் தொடங்குகின்றன. அவ்வலைகள் வருகின்ற பந்திற்கு வழி விட வேண்டுமென்று காற் றுக்கு முன்னறிவிப்புச் செய்து கொண்டு செல்கின் றன. ஒரு வானூர்தி மணிக்கு 330 கி.மீ. வேகத்தில் செல்வதாகக் கொண்டால் அது முன்னதாக அனுப்பும் ஒலியலைகள் மணிக்கு 1270 கி.மீ. வேகத்தில் செல் வதால் ஊர்தியை முந்திக்கொண்டு 940 கி. மீ. தொலைவில் முன்னேறிக் காற்று மண்டலத்தில் குழாய் போன்றதொரு வழி அமைவதற்குப் போது மான எச்சரிக்கையைத் தந்தவாறுசெல்கிறது. ஆனால் ஒலியை ஒத்த வேகநிலைகளில் செல்லும்போதோ ஓர் ஊர்தி தான் எழுப்பிய ஒலியலை அதிர்வுகளிலேயே

விடுபட முடியாமல் அகப்பட்டுக்கொள்கின்றது. அதனால் காற்று அடுக்குகளில் குழப்பம் ஏற்பட்டுவிடுகின்றது. அதாவது காற்றுப் பரப்பு இப்போது ஊர்தியின் உருவத்தின்மீது ஒழுங்காக வழிந்து ஓடுவதில்லை. அது தடுமாறி ஊர்தியின் வழியிலிருந்து விலகி ஓட முயல்கிறது. அது ஊர்தியைப் பிடித்து இழுத்து உலுக்கி முறுக்கிச் சுழற்றி ஊர்தியின் கட்டமைப்பைக் குலைத்து, ஊர்தியைத் தன் வயப்படுத்தி ஓட்டுபவருடன் போராடத் தொடங்கிவிடுகிறது. இவ்வதிர்ச்சி அலைகளே (shock waves) ஊர்தியின் எந்திரங்களைத் தூளாக்கி மனிதனை மரணமடையச் செய்கின்றன. ஒலியின் வேகத்திலேயே ஊர்தி செல்லும்போது ஒலியலைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருங்கிப் படிந்து கண்ணுக்குத் தோன்றாத ஆனால் அகற்ற முடியாத சுவராக மாறி விடுவதால் ஊர்தி அதில் சென்று முட்டிக் கொள்கிறது.

ஒலியின் வேகத்தினும் விரைந்து செல்லும் ஊர்தியோ, அந்த ஒலி எல்லைத்தடைச் சுவரைத் துளைத்துக் கொண்டு செல்வதுடன் தன் அலைகளினின்றும் தப்பித்துச் சென்று விடுகிறது. அது அவ்வலைகளை முந்திக் கொண்டு சென்று விடுவதால் அவற்றால் ஒன்றும் செய்ய முடிவதில்லை. இந்நாளில் ஒலியெல்லைச் சுவரைக் கடந்து செல்லும் ஊர்தி வலவர்கள் ஒலியெல்லையைத் தாண்டுவது, கொந்தளிக்கும் அலைகடலைக் கடந்து அமைதியான உப்பங்கழிக்கு வருவதையொத்தது என்று கருதப்படுகிறது. எத்தகைய முரட்டுத் தாக்குதலும் ஊர்திக்கு நிகழாமலும், கட்டுப்பாடு குலையாமலும், எளிதாக மிதந்து செல்லும் ஓர் உணர்வு அப்போது வலவர்களுக்கு ஏற்படுகிறது.

ஒலியினும் மிகுந்த வேகம் ஊர்தி ஆற்றலோடு புவி நோக்கித் தாழும் காலங்களில் வழக்கமாக ஏற்படுகிறது. அதாவது ஒலியை ஒத்த வேகத்தில் செல்லத்தக்க ஆற்றல் மிக்க ஊர்தியின் முகத்தைத் தாழ்த்திப் புவியின் கவர்ச்சியையும் துணையாகக் கொண்டு புவி நோக்கித் தாழ்ந்து வீழச்செய்தால் இது நேரிடும். ஆனால் இவ்வாறு தாழாமல் ஒரே மட்டத்தில் ஒலியினும் உயர்ந்த வேகத்தில் தொடர்ந்து பறக்க வேண்டுமானால் அதற்கும் பொறியின் ஆற்றலைப் பெருக்குவதோடு ஊர்தியின் அடிப்படையிலும் மாற்றங்கள் செய்தாக வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாகக் காற்றைப் பின் ஒதுக்கும் சிறகுகளும், முக்கோண டெல்டா (△ Delta) உருவமும் ஒலியை ஒத்த வேகத்திற்கு உதவி செய்வனவே தவிர ஒலியினும் மிகுந்த வேகத்தில் செல்ல அவை துணை செய்யா.

அம்புத் தலை அல்லது முக்கோண உருவம் அதிர்ச்சி அலைகள் மோதுவதால் ஏற்படும் விளைவைக் குறைக்கும் என்றாலும் காற்றைப் பின்தள்ளி ஒதுக்கும் சிறகுகள் மணிக்கு 1500 கி. மீ. வேகம் வரையில்தான் உதவும். அதற்கு மேல் மெல்லிய குறுகிய நேரான சிறகுகள்தாம் பயனுடையனவாக உள்ளன. ஊர்தியின் உருவ அமைப்பும் மெல்லியதாக இருத்தல் வேண்டும். ஒலியினும் மிகுந்த வேகத்தில் செல்லும்போது ஊர்தி முழுதும் வெப்பமேறி உருகும் நிலைக்கு வந்து விடுகிறது. ஊர்தி அமைப்பில் வெப்பத்தைத் தாங்கக் கூடிய டைட்டானியம், ஞெகிழிகள் (plastics) போன்ற பொருள்களையும் பயன்படுத்துவது ஏற்றதாகும். ஒலியினும் மிகுதியான வேகத்தில் இன்று ஊர்திகள் பறந்து கொண்டிருந்தாலும் பொறியியலாரோ, அறிவியலாரோ கண்டுபிடிக்க முடியாத ஒரு சிக்கலும் இங்கு உருவாகிறது. அதுவே ஊர்தி ஒலித்தடையைக் கடக்கும்போதும், பின்னர் மீளும் போதும் ஏற்படும் தடதட ஓசைகள் (supersonic bangs) ஆகும்.

ஊர்தி கீழ்நோக்கி விரைந்து தாழும்போது இருமுறை இத்தகைய ஒலிகள் எழுவதாகச் சொல்லப்படுகின்றது. ஊர்தியின் வேகம் ஒலியின் வேகத்தை எட்டி, ஒலியெல்லையைக் கடக்கும்போது ஒரு முறையும், பின்னர் வேகம் குறைந்து ஒலி எல்லைக்கு இப்பால் ஊர்தி மீளும்போது ஒரு முறையும் இவ்வொலிகள் கேட்கின்றன. இவை அறையின் இருபுறமும் உள்ள கதவுகளைத் தடதட என்று தட்டுவது போலக் கேட்கின்றன. இவ்வொலி பெரிய வெடியொலி போன்றும் கேட்கலாம். கீழ்நோக்கித் தாழும் ஊர்தியிலிருந்து இது எழுந்தால் நிலத்திலிருப்பவர்களுக்கும் தொல்லை தரும் அளவிற்கு அது உணரப்படும். ஏனெனில் இவ்வெடியொலிகள் தேடும் விளக்கின் (search light) ஒளிக்கற்றை போல ஒரு சிறு எல்லைக்குட்பட்ட இடத்திலேயே குவிந்து படுவதால் அவ்விடத்தில் ஒலி வன்மையாகக் கேட்கின்றது. ஆனால், ஊர்தி தாழாமல் நேர்மட்டத்தில் பறந்து செல்லும்போது இவ்வெடியொலி ஒரே இடத்தில் குவியாமல் எங்கும் பரவலாகப் போய்விடுகிறது. இத்தகைய அதிர்ச்சி அலைகள் நீரில் செல்லும் படகின் இரு மருங்கிலும் எழுந்து பரவிக் கரையைச் சென்று தொடும் பக்க அலைகள் போல ஊர்தி செல்லும் வழியின் கீழ் உள்ள நிலத்தைத் தொட்டபடி நகர்ந்து கொண்டிருக்கும். எந்த அளவிற்கு அவை நிலத்தைத் தாக்கும் என்பது ஊர்தி பறக்கும் உயரத்தைப் பொறுத்தது.

அதிக எண்ணிக்கையில் ஒலியினும் மிகுந்த வேகத்தில் ஊர்திகள் பறந்து கொண்டிருக்கும் தற்காலத்தில் மண்ணில் வாழும் மனிதர்களுக்கு வானம் தொடர்ந்து துளைக்கப்பட்டு வருவது தொல்லையாகத்தான் இருக்கும். பொறியியலாராலும் இதை நீக்க வகை செய்ய முடிவதில்லை. ஏனெனில் ஜெட் ஊர்தி எழுப்பும் ஒலிபோன்று இது எந்திரத்தைப் பொறுத்து அமைவதில்லை. இது முற்றிலும் ஊர்தி வளிமண்டலத்தில் மோதுவதாலேயே எழுவதாகும். ஒலியினும் மிகுதியான வேகத்தில் பறப்பதைக் கடல்களைக் கடக்கும்

காலத்தில் அல்லது மிகுந்த உயரத்தில் பறக்கும்போது மட்டுமே மேற்கொள்ள வேண்டும். அந்நிலையில் நிலத்திற்கு வருவதற்குள் அவ்வொலியின் வன்மை குறைந்துவிடும்.

- கொ. சு. மகாதேவன்

ஒலிவாங்கி

இது ஒலி ஆற்றலை ஒத்த அலைப் பண்புகள் கொண்ட மின் ஆற்றலாக மாற்றப் பயன்படும் கருவியாகும். அலெக்சாண்டர் கிரஹாம்பெல்லால் 1876இல், அமைக்கப்பட்ட மின்காந்தத் தொலைபேசிச் செலுத்தி இத்தகைய கருவியாகும். மெல்லிய ஓசைகளை மிகைப்படுத்தும் உணர்வால் இக்கருவி நுட்ப ஒலி வாங்கி (mic:ophone)எனும் பெயரைப் பெற்றது.

தொலைபேசிச் செலுத்திகளில் பல வகை ஒலி வாங்கிகள் பயன்பட்டபோதும், ஒலிவாங்கி எனும் சொல் அதற்கல்லாத பயனீடுகளிலேயே வழங்கப் பட்டு வருகிறது. நீருக்கடியில் வெளிப்படும் ஒலியை வாங்கும் ஒலிவாங்கி, நீரடி ஒலிவாங்கி (hydrophone) எனப்படுகிறது.

தொலைபேசிகளைத் தவிர காதுகேள் கருவி, ஒலிப்பதிவுக்கருவி ஆகியவற்றில் ஒலிவாங்கி மிகுதி யாகப் பயன்படுகிறது. ஒலிவாங்கிகளில் படிகவகையே மிகுதியும் பயனாகிறது. காந்தம் முதலிய கருவிகளும் நடைமுறையில் உள்ளன. ஒலிவாங்கிகள் பொது அறிவிப்பு, வகுப்பறை, அரங்கு ஆகியவற்றில் பரவலாகப் பயன்பட்டு வருகின்றன. இதற்குப் படிக, இயக்க வகைகள் பயன்படுகின்றன. ஒலிவாங்கிகள் செய்திப் போக்குவரத்துக்கும், வானொலி அல்லது கம்பித் தொடர்பு வாயிலாகத் தரமான பதிலளிப் பிற்கும் பயன்படுகின்றன. அவற்றின் முக்கிய பங்கீடு பொது வானொலி, தொலைக்காட்சி, ஒலிப்பதிவு ஒலி அளவைகளில் அமையும். அத்தகைய நோக்கங் களுக்கான ஒலிவாங்கிகளின் தெரிவு, பயனீட்டின் தன்மையைப் பொறுத்து அமையும். நிறைவுபடுத்த வேண்டிய தேவைகள் பின்வருமாறு.

25-15,000 சுற்றுகள் அல்லது அதற்கு மேலும் உள்ள அலை எண்களில் கடினமற்ற ஒருமித்த பதி லளிப்பு, மாறுபட்ட உள்ளளிப்பு அழுத்தங்களில் நேரடி விகிதமுள்ள பதிலளிப்பு, உயர்ந்த அல்லது ஓரளவு உயர்ந்த உணர்திறன் உட்புற ஒலியிலிருந்து விடுதலை, மிகு அளவு வெப்பநிலை எல்லையில் கடுமையாகக் கையாளப்படினும் பண்புகள் உறுதி யாக இருத்தல், நோக்கத்திற்கு ஏற்ற திசைவழிப் பண்புகள், ஒலிப்புலம் செலுத்தலுக்குத் தீமை விளைவிக்காத சிறிய பரிமாணம் ஆகியனவாகும்.

வகைப்படுத்தல். ஆற்றல் மாற்றிகள் எனப்படும் கருவிகளின் ஒருவகையில் ஒலிவாங்கிகள் அடங்கு கின்றன. ஒன்று அல்லது மேற்பட்ட செலுத்தும் தொகுதி ஊடகங்கள் அலைகளால் இயக்கி வைக்கப் படுகின்றன. ஒலிவாங்கி ஓர் ஒலி-மின்னியல் ஆற்றல் மாற்றியாகும். ஒலிவாங்கிகள் பலமுறைகளில் வகைப் படுத்தப்படுகின்றன. அது தானே செயல்படுகிறதா அல்லது செயல்பாட்டை அனுமதிப்பதோடு அமைந்து விடுகிறதா என்பதை ஒட்டி வகைப்படுத்துவது ஒருமுறையாகும். ஒரு மின்கலத்தைப் பயன்படுத்து வதன் மூலம் அது ஒலியை மின்வழி மாற்றும்போது மிகையாகத் தருகிறதா அல்லது மிகைப்பின்றி மாற் றம் நிகழ்கிறதா என்பதை ஒட்டி அவ்வகைப்பாடு அமையும்.

தொலைபேசித் தொகுதிகளுக்காக உருவாக்கப் பட்ட மிகைப்படுத்தும் அல்லது செயல்படும் ஒலி வாங்கிகள் வேறு நோக்கங்களுக்கும் பயன்படு கின்றன. பொதுவாக உணர்திறன், பல்வேறு பேச்சு அலைவெண்களிலும் ஒரே மாதிரியான செயலளிப்பு ஆகியவை இதன் முக்கிய நோக்கங்களாகும். உள்பெறு ஆற்றலுக்கும், வெளியளிப்பு ஆற்றலுக்கும் இடையே உள்ள மிகைப்பு இரண்டாயிரம் மடங்காக இருக் கலாம். மிகைக்கும் அல்லது மிகைக்கா ஒலிவாங்கி களில் உயர்தரம் தேவைப்படும். ஒலிப்பதிவுத் தொகுதி கள், ஒலிபரப்புத் தொகுதிகள், அளவீடு ஆகிய பயனீடுகளுக்காவும் இவை உருவாக்கப்படும்.

மின்சுற்றுகளில் இத்தகைய ஒலிவாங்கி ஒன்று அல்லது பல மிகைப்புக் கட்டங்களுடன் பயன்படு கிறது. ஒலிவாங்கிக்குள்ளே நிகழும் காற்றின் ஒலி அழுத்த மாறுதல்களை, ஒத்த மின் அலைகளாக மாற்றுவது ஒரே நேரத்தில் இரு நிகழ்ச்சிகளாக நடைபெறும். முதலாவதாக ஒலி அலைகள் ஒரு பரப்பின் மேல் மோதுகின்றன. அது ஓர் அசையும் இழை ஆகும். அடுத்து அந்த இழை நகர்ந்து ஒரு மின்சுற்றின் குறிப்பிட்ட பண்பை மாற்றுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ஓர் இழை நகர்வதால் ஒரு கரித் தொடுவானின் தடை, மின் தேக்கியில் மாற்றம் அல்லது காந்தப்புலத்தில் ஒரு கடத்தியின் நகர்வு ஆகியவற்றில் ஒன்றில் நடைபெறும். அந்த நகர்வுகள் இழை மின்னியல் வெளி அளிப்பில் மாறு தலை ஏற்படுத்துகின்றன. ஆகவே ஒலி அதிர்வு கள் முதலில் எந்திரவியல் அசைவுகளாக மாற்றப் படுகின்றன. அவை பின்னர் மின் அலைகளாக மாற் றப்படுகின்றன. ஆகவே ஓர் ஒலிவாங்கியின் இயக் கத்தைப் படிக்கும்போது அசை இழையின் எந்திர வியல் அசைவு, இவ்வசைவு தேவையான மின்னலை களை உற்பத்தி செய்யும் முறை ஆகியவற்றைக் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும். இச்செயல் முறையில் எப்பகுதியையும் வைத்து ஒலி வாங்கியை வகைப் படுத்தலாம்.

அசை இழையின் இயக்கத்தைக் கொண்டு பார்த்தால், ஒலி வாங்கிகளை அழுத்த வகை, வேக வகை, அல்லது இரண்டின் சேர்க்கை என வகைப்படுத்தலாம். அசை இழையின் ஒரு பக்கத்தில் மட்டும் ஒலி அலைகள் செயல்படும்போது அதுஅழுத்தவகையாகும். வேக வகையில் அசை இழையின் இரு புறங்களிலும் ஒலி அலை செயல்படுகிறது. ஆகவே அழுத்த வேறுபாட்டிற்கேற்ப அதன் அசைவு இருக்கும். ஒலி அலையின் அப்போதைய துகள் வேகத்திற்கேற்ப அமையும். அசை இழையின் அசைவை மின் அலைகளாக மாற்றுவதற்குப் பயன்படுத்தும் முறையை ஒட்டியும் ஒலி வாங்கிகள் வகைப்படுத்தப்படும். கரி மின்தேக்கி, படிகம், சுடுமண், மாறுபடும் எதிர்ப்பு நகர் கடத்தி, நகர் சுருளை, நாடா, காந்தம், சுடுகம்பி என்று பல வகை உண்டு.

ஒலி பரவும் பல்வேறு திசைகளுக்குக் கொடுக்கும் எதிரளிப்பைப் பொறுத்து ஒலி வாங்கிகளை, அனைத்துத் திசை, இருதிசை ஒருதிசை என வகைப்படுத்தலாம். இணைப்புச்சுற்றுகளின் வடிவமைப்பில் முக்கியமான வெளியளிப்பின் மின் மறுப்பை ஒட்டி மிகு மின்மறுப்பு (high impedance) குறைமின்மறுப்பு (low impedance) என்ற இரு பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தலாம்.பயன்படுத்தும் முறையை ஒட்டித் தொண்டை ஒலி வாங்கி, உதடு ஒலி வாங்கி, ஆடை ஒலி வாங்கி என்றும் வகைப்படுத்தலாம்.

கார்பன் ஒலிவாங்கி. வரலாற்றுச் சிறப்பு வாய்ந்த ஆனால் இன்றளவும் பயன்தரும் அழுத்த வகைகளில் கார்பன் ஒலிவாங்கி (carbon microphone) குறிப்பிடத்தக்கதாகும். மாறுபடும் தொடு தடையைச் சார்ந்த ஒலி வாங்கிகளை மெலிபெர்வினர், எடிசன் என்போர் 1877 ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடித்தனர். ஒலி அழுத்த மாற்றத்தால் நன்கு தூளாக்கப்பட்ட கார்பன் திணிப்பின் மின்தடை மாற, ஒரு சுற்றில் மின்னோட்ட மாற்றம் ஏற்படச் செய்யும் கருவி கார்பன் நுட்ப ஒலி ஏற்பி ஆகும்.

அசை இழையால் இயங்கும் நகரும் மின் முனையையும்,நிலையான மின்முனையத்திற்கிடையே பொடித் தூள் பித்தானைப் பயன்படுத்தும் திண்மக் கறுப்புச் செலுத்தியையும் 1890 இல் ஆண்டனி வொயிட் கண்டுபிடித்தார். புதிய தொலைபேசிச் செலுத்திகள் அதே அடிப்படைக் கோட்பாடுகளைக் கடைப்பிடிக்கின்றன. ஒலி வாங்கியுடன் இணைத்துத் தொலைபேசிக் கைப்பிடியில் அமையுமாறு அவை பொதுவாக நிறுவப்படுகின்றன.

தற்போதைய வகையில் இரு ஒத்திசைத் தொகுதியைப் பயன்படுத்துவதால் பேச்சு அலைவெண் எல்லையின் பதிலளிப்பு மேம்படுவதோடு, உணர்வும் உயர்ந்துள்ளது. 400-3200 சுற்றுநொடி எல்லைகளில் ஒரே வகைப் பதிலளிப்புள்ளதால் உரையாடலின் இயல்பு மாறுவதில்லை.

மின்தேக்கி ஒலிவாங்கி. 1880 இல் டோல்பேர் என்பவரால் கூறப்பட்டு 1916 இல் வென்டி என்பவரால் உருவாக்கப்பட்ட இவ்வகை ஒலிவாங்கியும் ஓர் அழுத்த வகையாகும். ஒரு நிலையான தகட்டிலிருந்து ஓர் அங்குலத்தில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு தொலைவு அருகே மெல்லிய அசைவிழை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அவ்விழை ஒரு மாறும் மின்தேக்கியின் தகடாக, ஒரு தடை, நேர் மின்னோட்ட மூலத் தொடர் இணைப்போடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒலி அலைகளுக்கேற்ப அசை இழை மேற்கொள்ளும் அசைவு மின்தேக்கியின் பண்பை மாற்றி மாறுபடும் மின்னோட்டத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. மின்தேக்கி ஒலி வாங்கிகளில் சிறந்த அலைவெண் பதிலளிப்பும், உற்பத்தித் தரமும் காணப்படும். அவற்றின் வெளியளிப்புக் குறைவே; உள்ளமைந்த ஒரு மிகைப்பியால் அவை உயர்த்தப்படுகின்றன. இன்று அவை ஒலி அளவீட்டிற்கும், உயர்தர ஒலிப்பதிவிற்கும் பயன்படுகின்றன.

படிக மற்றும் சுடு மண் ஒலி வாங்கிகள். செலுத்தப்படும் அழுத்தத்தால் ஒரு படிகம் உருக்குலைவதால் உருவாகும் மின்னழுத்தத்தால் இயங்கும் வகையே படிக ஒலி வாங்கியாகும். ரோஷல் (rochelle) உப்புப் படிகங்கள் இத்தகைய பண்புகளை மிகுதியாகக் கொண்டிருப்பதால் அவையே பெரும்பாலும் பயன்படுகின்றன. 1919 இல் நிக்கோல்சன் இதை முதலில் உருவாக்கினாலும் 1931 இல் செயல்படும் வடிவம் சாயலால் உருவாக்கப்பட்டது. இரு மெல்லிய நேரெதிர்த் துருவமுள்ள ரோஷெல் உப்புத்தகடுகள் பைமார்ஃப் பகுதியை உருவாக்குகின்றன. இப்பகுதியை பலமுறைகளால் இயக்க முடியும். நேரடி இயங்கும் மாதிரியில் ஒலி அழுத்தம் படிகத்தின் மேலேயே செயல்படுகிறது. அசைவிழை வகையில் படிகத்தோடு இணைக்கப்பட்ட அசைவிழையில் ஒலியலைகள் செயல்படுகின்றன. அதனால் மிகுதியான விரைவு உணர்மை பெறப்படும்.

கார்பன் ஒலிவாங்கிகளுடன் ஒப்பிட்டால் படிக ஒலி வாங்கிகள் சிறந்த அலைவெண் பதிலளிப்பையும் நம்பகத் தன்மையையும் கொண்டுள்ளன. ஆனால் குறைந்த வெளியளிப்பையே கொடுக்கின்றன. இவ்வகையில் வெளிப்புற மின்மூலம் தேவையில்லை என்பதே நன்மையாகும். ஈரப்பதச் சிதைவு, உயர் வெப்ப நிலையில் உணர்விழப்பு இவைமட்டுப்படுத்தும் காரணிகளாகும். குறைந்த செலவுப் பயனீடுகளுக்குப் படிக ஒலிவாங்கிகள் பயனளிக்கும்.

சுடுமண் ஒலிவாங்கிகளில் ரோஷெல் உப்புகளுக்குப் பதில் முனைவாக்கம் செய்யப்பட்ட பேரியம் டைனேட் பயன்படுகிறது. இவை படிக வகைகளை விடக் குறைந்த உணர்திறன் கொண்டவை. ஆனால் உயர்வெப்ப நிலையையும், ஈரப் பதத்தையும் தாங்கக் கூடியவை.

இயக்க வகை ஒலிவாங்கிகள். இவை அசைக் கடத்தி ஒலி வாங்கிகள் எனும் வகையில் அடங்கும். ஒரு நிலையான காந்தப்புலத்தில் கடத்தி அசைவதால் ஒரு மின் சுற்றில் மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. ஒலி அலைகள் தாக்கும் அசை இழையுடன் இணைக்கப்பட்ட அசைச் சுருள் (moving coil) காந்தப்புலத்தில் ஒலி அலைகளுக்கேற்ப அசைவதால் சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இவ்வகை 1877 இல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஆயினும் 1831-இல் வெண்டி, துராஸ் என்போரால் இறுதியாக வடிவமைக்கப்பட்டது. குறைந்த மின் மறுப்புத் தன்மையால் இயக்க வகை ஒலிவாங்கிகள், ஒலிப் பதிவு, ஒலிபரப்பு, பொது அறிவிப்பு ஆகிய கடின மான பயன்களுக்கு மிகுதியும் பயன்படுகிறது.

காந்த ஒலிவாங்கிகள். காந்த ஒலிவாங்கிகள் (மாறு எதிர்ப்பு) தம் இயக்கத்திற்கு ஒரு காந்தவியல் சுற்றின் எதிர்ப்பில் ஏற்படும் மாறுதல்களைச் சார்ந்துள்ளன. 1876 இல் உருவாக்கப்பட்ட பெல்லின் முதல் செலுத்தியில், ஓர் அசைவிழையால் இயக்கப் படும் மின் சுழலி உள்ளது. அது மின்காந்தப்புலத்தில் நகர்வதால் காந்தச் சுற்றின் எதிர்ப்புப் பண்பை மாற்றுகிறது. சுருளில் மின் அழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. ஆகவே காந்த ஒலி வாங்கி ஒலி வாங்கியின் முதல் வகையாகும்.

முந்தைய காந்த ஒலி வாங்கிகள் தரத்திலும் உறுதியிலும் கார்பன், இயக்க, மின் தேக்கி நாடா வகையிலும் தாழ்ந்த வகையாக இருந்தமையால் பரவலாகப் பயன்படவில்லை. படைகளுக்கும், காது கேள் கருவிகளுக்கும், கடினத்தன்மை, குறைந்த எடை, உயர்ந்த உணர்திறன் தேவைப்படுவதால் மாற்றியமைக்கப்பட்ட காந்த வகை ஒலிவாங்கிகள் தற்போது பயன்படுகின்றன.

நாடா ஒலிவாங்கி (ribbon microphone). இதுவும் ஒருவகை அசை கடத்தி ஒலிவாங்கியே ஆகும். பொதுவாக நிலை காந்தங்களுக்கிடையே உள்ள காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்ட உலோக நாடா ஒலியலைகளால் அசைக்கப்படுவதால் இது செயல்படுகிறது. நாடாவின் ஒரு புறம் மட்டும் ஒலியலைகளால் மோதப்படலாம். அப்போது அழுத்த வகையாகச் செயல்படும் பலதிசைப் பதிலளிப்புகளைத் தரும்.

இரு புறங்களும் ஒலியலைகளால் மோதப்பட்டு வேக ஒலிவாங்கியாகவும் இது செயல்படலாம். இது முன்னும் பின்னும் பெறும் ஒலிகளுக்குப் பெரும அளவான பதிலளிப்பின் மூலம் இரு திசைப் பண்பைப் பெறுகிறது. இவ்வகை 1923 இல் ஸ்காட்டி கெர்லாக்கால் என்போரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர் புதிய வடிவில் ஆல்சான் என்பவரால் இறுதியாக்கப்பட்டது. அழுத்த, வேக வகைகள் ஒருங்கிணைக்கப்பட்ட ஒரு திசைப் பண்புகளை அளிக்கக் கூடும். இவை ஒலி அளவைக்கும் ஒலிபரப்பிற்கும் மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன.

ஒரு திசை, பல திசை ஒலிவாங்கிகள். தேவையில்லாத ஒலி அல்லது அறை ஒலியின் விளைவுகளைக் குறைக்கவும் ஒலிவாங்கியில் பேச்சாளரின் ஒலிப் பின்னூட்டு விளைவைக் குறைக்கவும் ஒலி வாங்கியின் ஒரு திசைப் பண்பு ஏற்புடையதாகும். இரு திசை, ஒரு திசைப் பகுதிகளைச் சேர்ப்பதாலும் இத்தன்மையை அடைய முடியும். முந்தைய அணுகு முறை பொதுவாகச் சேர்க்கைகள், ஒரு நாடாவின் வேகப் பகுதியை அந்த நாடாவின் அழுத்தப் பகுதியுடனோ, இயக்க அழுத்தப்பகுதியுடனோ இணைப்பதாகும்.

அதிகமாக இரு பதிலளிப்பு முறைகளும் ஓர் இதய வடிவுப் பண்பை அளிக்குமாறு சேர்க்கப்படுகின்றன. சேர்க்கை ஒலி வாங்கி வீன்பெர்ஜர், ஒல்சான் ஆகியோரால் உருவாக்கப்பட்டது. நாடா-இயக்கச் சேர்க்கை, இரு பகுதியின் பண்புகளுக்கும் ஏற்புடைய தனிப்பட்ட சமன்பாடு முறைகளைக் கையாண்டு மார்ஷல், ஹாரி என்போரால் உருவாக்கப்பட்டது.

1935 இல் வான் பிரான்முல், லெபர், ஒரு பல் சிறு துறைக்கூட்டினுள் எதிர்த்திசைகளில் வைக்கப் பட்ட இரு ஞெகிழி இழைகளைப் பயன்படுத்தி மின் தேக்கி ஒலி வாங்கியை உருவாக்கினர். அதைத் தக்க மின் இணைப்பின் மூலம் பல திசை அல்லது ஒரு திசைக்கருவியாகச் செயல்படுத்தலாம். உருவாக்கப்பட்ட உயர்ந்த தரம் வாய்ந்த ஒலி வாங்கிகளில் சில இவ்வகைக் கட்டமைப்பைக் கொண்டவை. தக்க வடிவமைப்புச் சேர்க்கைகளால் தேவையான பதிலளிப்பும் பண்புகளும் பெறலாம்.

ஒலி வாங்கி மிகைப்பிகள். புதிய வகைகளின் துணையால் எந்தத் துறைக்கும் முழுமையாக ஏற்ற விரைவு எண் மற்றும் வீச்சுப் பண்புகள் கொண்ட மிகைப்பிகளை ஒலி வாங்கிகளுடன் பயன்படுத்தும் வகையில் கட்டமைக்க முடியும். அலை வீச்சுத் திரிபைக் குறைக்க எதிர்க்குறி பின்னூட்டம், அலை எண் திரிபைக் குறைக்க தடை மின்தேக்கி, இடைநிலை இணைப்பியும் பயன்படுகின்றன. முற்கால ஒலி வாங்கி மிகைப்பிகள் மின்னணுக்குழல் வகையைச் சேர்ந்தவை. தற்போது குறை மறுப்பு நுண்ணலை வெளியளிப்பிற்கு ஏற்றவாறு அமைய குறைந்த மின்ஆற்றல் துய்ப்பும், சிறிய உருவமும் கொண்ட திரிதடயங்கள் (transistors) பெரும்பாலும் பயன்படுகின்றன.

செயலாற்றல் ஆய்வு. ஓர் ஒலி வாங்கியின் செயலாற்றல், ஆய்வுகள் மூலமோ ஒலி அளவீடுகள் மூலமோ அறுதியிடப்படும். உண்மையான பயனீட்டு

நிலைகளில் ஒலி வாங்கியின் செயலாற்றல் பற்றித் தரம் வாய்ந்தவர்கள் நன்கு செய்யும் ஆய்வுகள் மூலம் அறிந்து கொள்ள முடியும். முன்னரே பயன் படுத்தப்பட்ட ஒலி வாங்கியுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் போது அதே நிலைமைகளில் செயல்பட்டால்தான் ஒப்பிடல் சரியான விடைகளைத் தரும்.

ஒலி வாங்கிச் செயலாற்றலின் ஒலி வழி அளவீடு, இருவேறு கூறுகளை ஏற்றுக் கொள்கிறது. அவை நியமக் கருவியாக மற்றோர் ஒலி வாங்கியை ஏற்றுக் கொள்வதும் எந்த நிகழ்விலும் ஒலிவாங்கியின் முழுமை யான அளவுப் பதிலளிப்பும் ஆகும். கருவியின் முனை யங்களில் உருப்பெறும் திறந்த சுற்று மின்னழுத்தத் திற்கும் அசைவிழையைச் செயல்படுத்தும் ஒலி அழுத் தத்திற்கும் உள்ள விகிதமாகும். ஒலி வாங்கியை வைக்கும் முன்னர், ஒலிப்புலத்தில் உள்ள தடங் கலற்ற ஒலி அழுத்தமே உள்ளளி அழுத்தமாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அதற்கான விகிதம் விடுபுலப் பதிலளிப்பு எனப்படும். ஒப்பிடும் முறையில் நிர்ணயிக்கப்பட்ட பண்புகள் கொண்ட ஒரு நியம ஒலி வாங்கி ஒலிப்புலத்தில் செலுத்தப்பட்டு அதன் வெளியளிப்பு ஒரு கருவியில் பதியப்படுகிறது. அளவிட வேண்டிய ஒலி வாங்கியின் வெளியளிப்பும் அதே முறையில் அளவிடப்படுகிறது.

நியமக்கருவியின் தெரிந்த பதிலளிப்பில் இந்த இரு பதிலளிப்புகளின் விகிதத்தைச் செலுத்தும்போது புதிய ஒலிவாங்கியின் முழுமையான பதிலளிப்பைப் பெறலாம். சிறிய மின்தேக்கி ஒலி வாங்கியே ஒப்பிடும் நியமக்கருவியாகப் பயன்படுகிறது. தலைகீழ் முறை எனப்படும் முறையால் ஓர் ஒலிவாங்கியின் பதிலளிப்பு நியமக்கருவியின் துணையின்றியே அளக்கப்படும். துணை எதிர் மாறும் ஒலி வாங்கியை முதலில் ஒலி வாங்கியாகவும் பின்னர் ஒலி மூலமாகவும் பயன் படுத்தி முதல் அளவுகளை அளவிடுவதன் மூலம் பதிலளிப்பை நிர்ணயிக்கலாம்.

ஆய்வுக்குள்ளாக்கப்படும் கருவிக்குத் தலைகீழ் முறைத் தத்துவப் பொருந்துமா என்பதை ஒட்டியே இம்முறையைக் கையாள முடியும். ஒரு நேரியல் செயல் அனுமதிக்கும் கருவியின் மூலம் ஒரு திசையில் செலுத்தலுக்கும், மறுதிசையில் செலுத்தலுக்கும் தலைகீழ்க் கணித உறவு உள்ளது என்பதே அக்கோட்பாடாகும்.

-எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்

ஒவ்வாமை (மருத்துவம்)

வேண்டாத அல்லது உடலுக்கு ஒவ்வாத ஒத்துவராப் பொருளை எதிர்க்கும் முயற்சி ஒவ்வாமை (allergy) எனப்படும். வான் பிர்தே என்பாரே முதலில் அலர்ஜி என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்தினார்.

ஒரே உணவு ஒருவருக்கு ஒத்து வரும்போது மற்றொருவருக்கு நஞ்சாகிறது. பால், குளுக்கோஸ், லேக்ட்டோஸ் ஆகியவை சில குழந்தைகளுக்கு ஒவ்வாமல் வயிற்றுப் போக்கு உண்டாகிறது. சில குழந்தைக்கு நீர்வடியும் தோல் நோயாகிய எக்ஸிமா வரலாம்.

ஒவ்வாமையைத் தூண்டுகிற பொருள் காற்று, உணவு, ஊசி மூலம் உடலை அடைகிறது. இப் பொருளுக்கு ஒவ்வான் (allergen) என்று பெயர். புரதச்சத்து உடலில் ஒவ்வாமையை உண்டாக்கு கிறது. புரதமில்லாத ஒவ்வானும் புரதம் போல் செயல்படுகிறது.

காற்று மூலம் வீட்டுத் தூசி, ஒட்டடை, பஞ்சுத் தூள், மகரந்தப்பொடி, சிகைக்காய்த்தூள், பூனை நாய் முயல் போன்றவற்றின் முடி, பறவைகளின் இறகு, தானியங்களின் மாவு (அரிசி, கோதுமை), பார்த்தீனியம் செடியிலுள்ள இலை பூ, மகரந்தம் முதலியன காற்று மூலம் பரவும் ஒவ்வான்களாகும். முட்டை, மீன், நண்டு, தக்காளி, அன்னாசி, சில கிழங்கு வகைகள் ஆகியவற்றாலும் ஒவ்வாமை வரலாம்.

ஆஸ்ப்ரின், அயோடின், வைட்டமின் B_1, பெனி சிலின், டெட்டனஸ் தடுப்பூசி, நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்துகள், தோலில் தடவப்படும் சில களிம்புகள், மருந்துப்பொடி, சாயப்பொடி, ரப்பர் உறைகள், காலணிகள் போன்றவற்றாலும் ஒவ்வாமை வரலாம்.

ஒவ்வான் தாக்கியவுடன் உடலில், ஹிஸ்ட்ட மினும் செரோட்டோனினும் சுரக்கின்றன. அவை உடலைத் தூண்டி எதிர்ப்பாற்றலை உண்டாக்கு கின்றன. சில சமயம் இவ்வித மீளாக்கம் மிக முனைப் பாவதால் கடுமையான விளைவு ஏற்படுவதும் உண்டு. இரத்தத்திலும் திசுக்களிலும் இயோசினா ஃபில் அணுக்கள் பெருகுகின்றன. தமனிகள் விரிந்து சுரப்பிகள் மிகுதியாகச் சுரந்து மூக்கின் உள் பகுதியும் தொண்டையும் வீங்கி விடுகின்றன. மூக்கின் உள் பகுதியில் கீழ் வளைவு எலும்பின் மேல் படலம் வெளிர் நிறமாகத் தெரியும். இருபக்க மூக்கும் அடை படுவதால் நுகரும் திறன் குறைந்து விடும். மூக்கில் தும்மலாகத் தொடங்கி தொண்டை வீங்கி நுரை யீரலில் சளி சேர்ந்து மூச்சு விடக் கடினமாவதால் மூச்சிழுப்பு நேரலாம்.

நோய் நாடல். எப்பொருளால் ஒவ்வாமை தோன்றுகிறது எப்பொருளால் தும்மல், அரிப்பு, வீக்கம் ஆகியவை வருகின்றன என்று கவனித்து அவற்றைத் தவிர்க்க வேண்டும்.

ஆய்வு ஒவ்வான். ஒவ்வாமையைத் தோற்றுவிக்கும் பொருள்களிலிருந்து தனியாகத் தயாரிக்கப்பட்ட ஆய்வு ஒவ்வான்கள் (test allergens) தற்போது கிடைக்கின்றன. இவற்றில் ஒவ்வொரு ஒவ்வானை

யும் தனியாக முன் முழங்கையில் 0.1 மி.லி. அளவில் தோலினுள் ஊசிமூலம் செலுத்திப் பத்து நிமிடங்கள் கவனிக்க வேண்டும். ஓர் இடத்தில் தூய உப்பு நீர் செலுத்தி அதன் விளைவையும் கவனிக்க வேண்டும். எப்பொருளுக்கு ஒவ்வாமை உள்ளதோ, அப் பொருளை ஊசிமூலம் செலுத்தும்போது செலுத்திய இடத்தைச் சுற்றி தோல் வீங்கியும் வீக்கத்தைச் சுற்றிச் சிவந்தும் காணப்படும்.

ஒவ்வாமை அளவைக் குறிக்கும் முறை. உப்புநீர் நிர்ணய அளவு போல்

2½ மடங்கு வீக்கமும் 20 மி.மீ. சிவப்பும் இருந்தால் 1 +

மூன்று மடங்கு வீக்கமும் 25 மி.மீ. சிவப்பும் 2 +

நான்கு மடங்கு வீக்கமும் 30 மி.மீ. சிவப்பும் 3 +

ஆறு மடங்கு வீக்கமும் 35 மி.மீ. சிவப்பும் 4 +

இவ்வாறு பொருளை ஒவ்வொன்றாக ஆய்ந்து ஒவ்வாமையின் அளவை அறியலாம்.

மருத்துவம். ஒவ்வாமை உண்டாக்கும் பொருளுக்கு எதிர்ப்பாற்றலை வளர்க்க வேண்டும். அப் பொருள்களைத் தவிர்த்து வந்து ஹிஸ்ட்டமின் எதிர் மருந்து கொடுக்க வேண்டும். ஊசிமூலமும் கொடுக்கலாம்.

எதிர்ப்பாற்றலை வளர்க்கும் முறை. ஒவ்வாமை உண்டாக்கும் ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் கூருணர்ச்சி நீக்கப்பட்ட வாக்சின் (desensitising vaccine) தனியாகத் தயார் செய்யப்படுகிறது; இதை நோய்க் கிருமிகளிலிருந்தும் தயார் செய்யலாம். வாக்சின் 1:500, 1:50 என்ற செறிவில் தயாரிக்கப்படும். முதலில் குறைந்த செறிவுடைய 1:500 வாக்சினில் 0.1 மி.லி. அளவு தோலின் அடியில் ஊசி மூலம் செலுத்த வேண்டும். ஒவ்வொரு வாரமும் 0.1 மி.லி. அளவு எனக் கூட்டிப் பத்து வாரங்கள் கொடுத்து வர வேண்டும். பிறகு 1:50 செறிவில் வாக்சினை 0.1 மி.லி. அளவில் தொடங்கி 0.1 மி.லி. ஒவ்வொரு வாரமும் கூட்டிப் பத்து வாரங்கள் கொடுக்க வேண்டும். இவ்வாறு சிறிது சிறிதாக எதிர்ப்பாற்றலை மிகுதியாக்கினால் ஒவ்வாமையால் மூச்சிழுப்பு வருவதைத் தடுக்கலாம். ஒரு முறை தடுப்பு மருத்துவம் செய்தால் ஏறத்தாழ நான்கு ஆண்டுகள் நலமாக இருக்கலாம். ஒரே ஊசி மருந்தில் குறைந்தது நான்கு பொருள்களுக்கான வாக்சினைத் தயாரிக்கலாம்.

மருந்தோ, அதன் சிதைமாற்றப் பொருளோ, மருந்துடன் சேர்ந்துள்ள பொருளோ நோயாளிகளிடத்தில் ஏற்படுத்தும் இடை வினையின் விளைவு மருந்து ஒவ்வாமை எனப்படும். மருந்தை முதல் தடவை செலுத்தும்போது அது எதிர் செனி (antigen) அல்லது எதிர்ப்பொருள் ஊக்கியாகச் செயல்பட்டு எதிர்ப் பொருள்களை (antibodies) உருவாக்குகிறது. அதே மருந்தை மீண்டும் செலுத்தும்போது எதிர்ப் பொருள் ஊக்கி, எதிர்ப்பொருளுடன் வினைபுரிந்து இடை வினைப் பொருள்களை (mediators) வெளியிடுகிறது. இவை ஒவ்வாமை வினைகளை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு நோயாளிக்கு இரண்டாம் முறை எதிர்ப்பொருள் ஊக்கி செலுத்தப்பட்டால் அவருக்கு ஒவ்வாமை ஏற்படும் என்று எண்ண வேண்டியதில்லை, பலருக்குப் பெனிசிலினுக்கு எதிர்ப்பொருள் உண்டாகியிருந்தும்கூட ஒரு சிலரே பெனிசிலினுக்குத் திடீர் ஒவ்வாமையுடையவராக உள்ளனர்.

மருந்து ஒவ்வாமை வினைகள், உடனடி ஒவ்வாமை, தன் ஒவ்வாமை, கலவை ஒவ்வாமை, தாமதவகை ஒவ்வாமை என நான்கு வகைப்படும்.

உடனடி ஒவ்வாமை. செலுத்தப்படும் மருந்து திசுக்களைக் கூருணர்ச்சிப்படுத்தும் (sensitizing) எதிர்ப் பொருள்களை உண்டாக்கி இரத்த வெள்ளையணுக்களில் நிலை நிறுத்துகிறது. மறுமுறை செலுத்தப்படும் மருந்து, எதிர்ப்பொருள்களுடன் சேர்ந்து மேற்கூறிய வெள்ளையணுக்களைத் தூண்டுகிறது. இதனால் உண்டாகும் ஹிஸ்ட்டமின், பிரோஸ்டாகிளாண்டின், உடனடி ஒவ்வாமை வினைபுரியும் பொருள்கள் ஆகியவை இரத்த ஓட்டச் சீர்குலைவு, தோல்தடிப்பு, ஆஸ்த்துமா போன்ற வேண்டாத தீயவிளைவுகளை சில நிமிடங்களில் உண்டாக்குகின்றன. இவ்விளைவுகள் 1-2 மணி நேரம் நீடிக்கலாம். தகுந்த மருத்துவரிடம் உடனடி மருத்துவம் பெறாவிடில் பெரும்பாலோருக்கு மரணம் நேரிடும். இவ்வகை வினையை உண்டாக்கும் மருந்துக்குப் பெனிசிலின் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு ஆகும்.

தன் ஒவ்வாமை. மருந்து அல்லது அதன் சிதை மாற்றப்பொருள் உடலிலுள்ள ஒரு புரதத்துடன் சேர்வதால் உடல் எதிர்ப்பொருளை உண்டாக்குகிறது. ஹைட்ரசீன் ஏற்படுத்தும், இணைப்புத்திசு நோய், மீத்தைல்டோபா, பெனிசிலின், ரிஃபாம்பிசின் இவற்றால் ஏற்படும் சிவப்பணு அழிவுறும் சோகை (haemolytic anaenia) முதலியவை இவ்வகை ஒவ்வாமையால் ஏற்படுகின்றன.

கலவை ஒவ்வாமை. உடலில் செலுத்தப்படும் எதிர்ப்பொருள் ஊக்கியும், எதிர்ப் பொருளும் சேர்ந்து பெரிய கலவைகளாக மாறிக் காம்பளிமெண்ட் (complement) என்ற பொருளைத்தூண்டுவதால் பல்வேறு உறுப்புகளின் இரத்த நுண் நாளங்கள் சிதைவடைகின்றன. இவ்வினை ஏற்படும் இடங்களில் இரத்த வெள்ளையணுக்கள் ஈர்க்கப்பட்டு, மேற்குறிப்பிட்ட கலவைகளை விழுங்கி ஹிஸ்டமின், ப்ரோஸ்டோகிளான்டின் போன்ற பொருள்களை வெளியிடுகின்றன. மேலும் திசுக்களை அழிக்கும் லைசோசோமை

உண்டாக்குகின்றன. இதனால் சீரம் நோய் (serum sickness), சிறுநீரகக் குளோமருலஸ் அழற்சி முதலான நோய்கள் ஏற்படுகின்றன.

தாமத வகை ஒவ்வாமை. இதில் செலுத்தப்படும் எதிர்ப்பொருள் ஊக்கி நிணநீர்ச் செல்களைத் தூண்டி லிம்ஃபோகைன்களை (lymphokines) உற்பத்தி செய்கிறது. இவை திசுக்களில் வேண்டாத பல்வேறு மாறுதல்களை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வகை வினைகளால் பாக்ட்டீரியா மற்றும் காளான் எதிர்ப்பு மருந்துகள் பகுதி உணர்வு இழப்பு மருந்துகள், எதிர் ஹிஸ்டமின்கள் ஆகியவை தடவும் மருந்தாகப் பயன்படும்போது தொடுநிலைத்தோல் அழற்சி (contact dermatitis) ஏற்படுகிறது.

மிகக் குறைந்த அளவு மருந்துகூட ஒவ்வாமை, அஞ்சத்தக்க விளைவுகளை உண்டாக்கும். சில சமயங்களில் மருந்தின் மருந்தியல் பண்புகளுக்குத் தொடர்பில்லாத விளைவுகளையும் உண்டாக்கும். ஒரு சிலருக்கு மருந்து செலுத்துவதை நிறுத்தியவுடன் ஒவ்வாமை விளைவுகளும் மறைந்து விடலாம்.

ஒரு மருந்துக்கு ஒருவர் ஒவ்வாமையுடையவராக இருந்தால், அம்மருந்து வகையைச் சார்ந்த பிற மருந்துகளுக்கும் ஒவ்வாமையுடையவராக இருப்பார். பெனிசிலின் போன்ற சில மருந்துகளால் ஒவ்வாமை பரவலாக ஏற்படுவதன் காரணம் இதுவரை சரிவர விளங்கவில்லை. தோல்படை போன்ற ஒவ்வாமை நோய் உள்ளவர்களுக்கு மருந்துகளால் ஒவ்வாமை ஏற்பட மிகுதியும் வாய்ப்புண்டு.

- டி. எம். பரமேஸ்வரன்

ஒவ்வாமை (தாவரம்)

தாவரங்களில் சூல்களும் மகரந்தத்தூள்களும் நன்கு இயங்கும் நிலையில் இருந்தாலும் சில நேரங்களில் விதை தோன்றாமல் போய் விடுவதுண்டு. இதற்கு ஒவ்வாமை (incompatibility) என்று பெயர். இதே போன்று இரு வெவ்வேறு தாவரங்களை ஒட்ட வைக்கும்போது (grafting) அவற்றின் மரபியல் பண்புகள் வேறுபடுவதால் ஒன்றையொன்று விலக்கி விடும். பூஞ்சைகளில் கலவி இனப் பெருக்கத்தின்போது ஒரே இனமாக இருந்தும் அவை விலக்கப்படுவது ஒவ்வாமையே ஆகும்.

பயிர்களில் அயல் மகரந்தச்சேர்க்கையை முனைப்பாக்கச் சில நேரங்களில் மகரந்தத்தூள்கள் முன்னதாகவே முதிர்கின்றன. சில சமயம் சூல் முன் முதிர்ச்சியடைவதும், ஆண் பூ, பெண் பூ ஆகியவை ஒரே தாவரத்தில் காணப்படுவதும், ஒரில்ல (monoecious) ஆண் பூ, பெண் பூ இரண்டும் வெவ்வேறு தாவரத்தில் காணப்படுவதும், ஈரில்ல (dioecious) அமைப்பு காணப்படுவதும் ஒவ்வாமையின் குறிப்பிடத்தக்க காரணங்களாகும்.

ஈரில்ல அமைப்புக்காணப்படும் பூக்கும் தாவரங்களான கஞ்சாச் செடி, பப்பாளி, பனை முதலியவற்றில் ஒவ்வாமை மிகுதியாகக் காணப்படும். பொதுவான மதிப்பீட்டின் மூலம் 20 குடும்பங்களில் உள்ள 300 சிற்றினங்களிடையே ஒவ்வாமையிருப்பதைக் கண்டுள்ளனர்.

செயலாற்றுவதற்காக இனப் பெருக்கத்திற்கு உண்டாக்கப்படும் ஆண், பெண் முட்டைகளால் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும்போது விதை உற்பத்தி செய்ய முடியாமற்போகும் நிலையும் ஒவ்வாமை எனப்படும் மலர்களின் உருவமைப்பில், வேறுபாடு உள்ள சிற்றினங்களிலும் (heteromorphic species) ஒற்றுமை உள்ள சிற்றினங்களிலும் (homomorphic species) ஒவ்வாமை காணப்படும்.

பிரிமுலா (primula) என்ற தாவரத்தில் குட்டையான சூல் தண்டு நீண்ட மகரந்தக் கேசரங்கள் அல்லது நீண்ட சூல்தண்டு குட்டையான மகரந்தக் கேசரங்கள் காணப்படும். ஆகவே இயற்கையாக இரண்டும் ஒன்றுசேர முடியா; இதைச் செயற்கை முறையில் சேர்த்தாலும் பண்பக மாறுபட்டால் கருவுறுதல் நடைபெறாது. லைத்ரம் (lythyrum) என்னும் பயிரின் சூல்தண்டில் நீண்டவை, நடுத்தரமானவை, குட்டையானவை என்னும் மாறுபாடுகள் உள்ளன. இவ்வாறே மகரந்தக்கேசரங்களும் மூன்று வகை நீளங்களில் சூல்தண்டின் நீளத்தைப் பொறுத்துக் காணப்படும். இவற்றில் ஏதாவது ஒரு பயிர், ஒரு நீண்ட சூல்தண்டும் இருவேறுபட்ட மகரந்தக் கேசரங்களும் கொண்டிருக்கும். இரண்டும் ஒரே உயரத்திலிருந்தால்தான் மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறும் சில சமயம் உருவமைப்பில் ஒற்றுமை இருப்பினும் எதிர்ப்பண்புகளின் விளைவுகளால் ஒவ்வாமை தோன்றக்கூடும்.

பிராசிக்கா ஒலிரேசி *(Brassca Oleraceac)*, ராபனஸ் சேட்டைவஸ் *(Raphcnus sativus)*, காஸமாஸ் *(Cosmos)* முதலிய பயிர்களில் சூல்முடியின் மேற்புறத்தில் மகரந்தத்தூள் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால் ஒவ்வாமை தோன்றி முளைக்காமல் போகலாம்.

புரூனஸ் *(Prunus)*, பைரஸ் *(Pyrus)*, டிரைஃபோலியம் *(Trifolium)*, லைக்கோபெர்சிகான் *(Lycopersicun)*, சோலானம் *(Solcnum)*, நிக்கோட்டியானா *(Nicotiana)* முதலிய பயிர்களில் மகரந்தக் குழாயின் பண்பைப் பொறுத்து ஒவ்வாமை ஏற்படும். அதனால், இனச்செல்கள் சார்ந்த (gametophytic) ஒவ்வாமை நிலையையுடைய பயிர்வகைகள், இரு விதமாகச் செயலாற்றும் மகரந்தத்தூள்களை உண்டாக்கும். பண்பகங்கள் வேறுபட்டால் மகரந்த

குழலின் வளர்ச்சி கட்டுப்படுத்தப்படும். ஈஸ்ட் மற்றும் மாங்கல்ஸ் டோர்ஃபும் எதிர்க்கூறு காரணிக்கோட்பாடு கொண்டவை. மகரந்தக்குழலும் சூல்தண்டும் ஒரே பண்பகத்தைக் கொண்டிருந்தால் (alleles) சூல் தண்டில் மகரந்தக்குழல் வளரமுடியாது. பிளேக்ஸ்லி (Blakeslee) பூஞ்சைகளின் உடலமைப்பில் ஒவ்வாமையைக் கண்டுபிடித்தார். கலவி இனப் பெருக்கத்தில் ஒரே ஸ்போர்களிலிருந்து வெளிவந்த ஹைபாக்கள் (hyphac) ஒத்த உடலமைப்பைக் (homothallism) கொண்டவையாகும். இவை கலவி இனப்பெருக்கம் செய்யா. இதுவும் ஒவ்வாமையே யாகும். வேறுபட்ட ஸ்போர்களிலிருந்து உருவான ஹைபாக்கள் வேறுபட்ட உடலமைப்பைக் கொண்டவை. இத்தகைய வேறுபட்ட உடலுடைய சிற்றினங்களில் குன்றல் பகுப்பு (Melosis) செல் பிரிதலுக்குப் பின், உடனே தோன்றும் ஸ்போர்கள் அவற்றின் பாலினக்குறி (sexual sign) அல்லது ஒவ்வாத்தன்மைக் காரணிகளால் தம்முள் வேறுபடு கின்றன. இவ்வடிவ வேறுபாடு மரபியல்பொறியமைப் பின் (benetic device) அடிப்படையில் அமைந்ததாகும்.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒழுங்கு-ஒழுங்கின்மை நிகழ்ச்சி

இரட்டை உலோகக் கலவைகளில் ஏற்படும் மிகு அணிக்கோவை மாற்றங்களையும் (superlattice transitions) வெவ்வேறு ஒழுங்கு வரிசைகள் கொண்ட நிலைகளுக்கிடையிலான இரண்டாம் வரிசைக் கட்ட மாற்றங்களையும், அனைத்துக் கட்ட மாற்றங்களை யும் ஒழுங்கு-ஒழுங்கின்மை நிகழ்ச்சிகளாகக் குறிப் பிடலாம். ஆனாலும் ஒழுங்கு-ஒழுங்கின்மை நிகழ்ச்சி என்பது முக்கியமாக இரட்டை உலோகக் கலவை களில் ஏற்படும் மிகு அணிக்கோவை மாற்றத்தையே குறிப்பிடும். ஓர் இரட்டைத் திண்மக் கரைசலில் குறைந்த ஒழுங்குள்ள கட்டமைப்புக்கும், ஒழுங்கு மிக்க மிகு அணிக்கோவைக் கட்டமைப்புக்கும் இடையில் இம்மாற்றம் ஏற்படும். ஒழுங்கு குறைந்த கட்டமைப்பில் ஒரு குறிப்பிட்ட அணிக்கோவைத் தலத்தில் இரு உலோகங்களில் ஏதாவது ஒன்றின் அணு அமரச் சமமான வாய்ப்பு உள்ளது. அந்தத் தலத்திற்குக் குறைந்த நெடுக்கமுள்ள ஒழுங்கே இருக்கும். ஒழுங்கு மிக்க மிகு அணிக்கோவைக் கட்டமைப்பில் இரு உலோக அணுக்களும் மாறி மாறி அமர்ந்து, பெரும் நெடுக்க ஒழுங்குடன் காணப்படும். எனினும் உயர் வெப்பநிலைகளில் ஒழுங்கு குறைந்த கட்டமைப்பு மேம்பட்டிருக்கும். உலோகக் கலவை குளிரும்போது ஒழுங்கு கட்ட மைப்புத் தோன்றத் தொடங்கும்.

பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கின் வரையைப் (extent) பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கு துணை அலகால் (long-range order parameter) குறிப்பிடலாம். முதல் ஆக்கக் கூறின் அணுக்களில் a என்ற எண்ணிக்கையி லுள்ளவை அணிக்கோவையில் ஒன்று விட்டு ஒன்றான தலங்களில் அமர்ந்திருக்கலாம். உலோகக் கலவையில் முதல் உலோகத்தின் அணுக்களின் மொத்த எண்ணிக்கை N எனில், பெரும் நெடுக்க ஒழுங்குத் துணை அலகு $P = \frac{2a}{N} - 1$ ஆகும். உலோகக் கலவையில் இரு ஆக்கக் கூறுகளும் சம மான கிராம் மூலக்கூறுகள் அளவில் இருந்தால் மொத்த அணுக்களில் ஒவ்வோர் ஆக்கக் கூறும் சம அளவில் அணுக்களைப் பெற்றிருக்கும். ஏதாவது ஓர் ஆக்கக்கூறின் அணுக்கள், அணிக்கோவையில் ஒன்று விட்டு ஒன்றாக அமைந்திருக்கும்போது, அவற்றின் எண்ணிக்கை, மொத்த அணுக்களில் பாதி எண்ணிக்கையைவிட மிகுதியாயிருக்கலாம். அவ் வாறு கூடுதலாகவுள்ள எண்ணிக்கைக்கும், மொத்த அணுக்களில் பாதி எண்ணிக்கைக்கும் இடையிலுள்ள தகவு பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கு துணை அலகாகும். ஒழுங்கு பெரும அளவில் உள்ளபோது $P = 1$, முழுமை யான ஒழுங்கின்மை நிலவும்போது $P=0$ ஆகும். ஒழுங்கின்மையான நிலையில்கூடச் சராசரியாக ஓர் ஆக்கக்கூறின் ஓர் அணுவைச் சுற்றிலும் பிற ஆக்கக் கூறின் அணுக்கள் அமைந்திருக்கும் தன்மையில் அதில் ஓரளவு குறைந்த நெடுக்கமுள்ள அல்லது தல அளவிலான ஒழுங்கு காணமுடியும்.

இரு வெவ்வேறு அணுக்களாலான இரட்டை களின் எண்ணிக்கையை மொத்தஅணு இரட்டைகளின் எண்ணிக்கையில் பாதியால் வகுத்தால் கிடைப்பது சில நெடுக்க ஒழுங்குத் துணை அலகு (short range order parameter) ஆகும். இவ்வாறான இரட்டை களின் எண்ணிக்கை g, மொத்த அணு இரட்டைகளின் எண்ணிக்கை r எனில், சிறு நெடுக்க ஒழுங்கு துணை அலகு $\sigma = \frac{2g}{r} - 1$. தல அளவிலான ஒழுங்கு பெரும மாக இருக்கும்போது $\sigma = 1$. தல அளவிலான ஒழுங்கின்மைக்கு $\sigma = 0$ ஆகும்.

மிகு அணிக்கோவை மாற்றத்தை எக்ஸ் கதிர், நியூட்ரான் விளிம்பு விலகலின் உதவியால் எளிதாக ஆய்வு செய்யலாம். அவை பொருளின்கட்டமைப்பை வெப்பநிலை, பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கு, சிறு நெடுக்க ஒழுங்கு ஆகியவற்றின் சார்பெண்ணாக அளிக்கின்றன. மிகு அணிக்கோவை விளிம்பு விலகல் முகடுகளின் செறிவிலிருந்து பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கை யும், விளிம்பு விலகல் முகடுகளுக்கு இடையிலுள்ள கலங்கலான சிதறலிலிருந்து சிறு நெடுக்க ஒழுங் கையும் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

மிகு அணிக்கோவை மாற்றத்தை உலோகக் கலவையின் இயைபின் சார்பெண்ணாக வைத்துக்

கொண்டால், மார்றம் இரண்டாம் வரிசையைச் சேர்ந்ததாக உள்ள இயைபுகளும், மாற்ற வெப்ப நிலைகளும் மாறுநிலைப்புள்ளிகளுக்கான (critical points) எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். முதல் வரிசை மாற்றங்களில் G எனும் கிப்சின் தனி ஆற்றலின் (Gibbs free energy) இரண்டாம் வகைக்கெழுக்கள் (derivatives) தொடர்ச்சியற்றவாகவோ வரையறை யற்றவாகவோ இருக்கும். வெப்ப ஏற்புத்திறன் (heat capacity) இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு ஆகும். அதே சமயத்தில் G இன் முதல்வகைக்கெழுக்கள் தொடர்ச்சி யானதாக இருக்கும். பருமன், எண்ட்ரப் ஆகியவை இதற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும், மாறுநிலைப் புள்ளியில் இரு கட்டங்களும் தனித்தனியாகப் பிரித் தறிய முடியாதவாறு இருக்கும். அவை ஒன்றை யொன்று தொடர்ந்து அணுகிக் கொண்டிருக்கலாம். அவற்றின் பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் பண்புகளில் முரண்பாடுகள் இருக்கும். வேறு பல வகையான இயற்பியல் அமைப்புகளிலும் இதே போன்ற மாறு நிலைப் புள்ளிகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் நிகழும் கட்ட மாற்றங்கள், மிகு அணிக்கோவைக் கட்ட மாற்றங்களை முற்றிலும் ஒத்திருக்கின்றன. எனவே ஒழுங்கின் அளவில் மாற்றமேற்படும் அனைத்து இரண்டாம் வரிசைக் கட்ட மாற்றங் களையுமே ஒழுங்கு ஒழுங்கின்மை நிகழ்ச்சிகளாகக் கூறுவது வழக்கமாகிவிட்டது.

மிகு அணிக்கோவை மாற்றம் இந்த நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு வகை; இதே போன்று வேறு வகைகளும் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு காந்தத்தில் எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சிகள் ஒழுங்கு நிலையில் ஒரு திசைப்பட்டவையாகவோ ஒழுங்கின்மை நிலை யில் தன்னிச்சையாகப் பல திசைப்பட்டவையாகவோ இருக்கலாம். காந்தமாக்கல் (magnetization) என்பது இவ்வாறு தற்சுழற்சிகளின் ஒரு திசைப்படுதலின் அளவுக்கான வரிசைத் துணை அலகாகும். இதற்கு கியூரி வெப்பநிலை (curie point) ஒரு மாறுநிலைப் புள்ளியாகும். நீர்ம-வளிம மாற்றத்திலும் ஒரு குறிப் பிட்ட வெப்பநிலையிலும், அழுத்தத்திலும், அடர்த்தி யிலும் ஒரு மாறுநிலைப் புள்ளி உள்ளது. நீர்மக் கட்டத்தின் அல்லது வளிமக்கட்டத்தின் அடர்த்திக் கும், மாறு நிலைப்புள்ளியிலுள்ள அடர்த்திக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாடானது சிறு நெடுக்க ஒழுங் கின் அளவு ஆகும். அதுவும் ஓர் ஒழுங்கு துணை அலகு ஆகும்.

இத்தகைய அனைத்து இரண்டாம் வரிசை மாற்றங்களிலும் வெப்ப இயக்கவியல் பண்புகள் ஒரே வகை நடத்தை கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக மாறுநிலைப்புள்ளியில் மாறா ஒழுங்குத்துணை அலகில் உள்ள வெப்பஎண் விரிவடைகிறது எனவும், மாறுநிலை வெப்பநிலைக்குக் கீழ் வெப்ப எண்ணிற்கும் வெப்ப நிலைக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டின் மும்மடி மூலம்(cube root)ஏறக்குறையச் சுழியை நெருங்குகிறது எனவும் ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன. மாறுநிலை நிகழ்வு களில் ஒரே மாதிரியான அமைப்பு (isomorphism) உள்ளது கவனத்திற்குரியது. பலவகைப்பட்ட கட்ட மாற்றங்களை அறிய ஒரே கொள்கையைப் பயன் படுத்த முடிகிறது.

1934இல் பிராக், வில்லியம்ஸ் ஆகியோர் மிகு அணிக்கோவை மாற்றத்திற்கு ஒரு கொள்கையை வெளியிட்டனர். அதில் திண்மம் ஓர் அணிக்கோவை யாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதில் ஒவ்வொரு தலத் திலும் ஏதாவது ஓர் ஆக்கக்கூறின் அணு அமைந் துள்ளது. வெவ்வேறு இன மூலக்கூறுகளுக்கிடை யிலான கவர்ச்சி விசை ஓரின மூலக்கூறுகளுக் கிடையிலுள்ளதை விட மிகுதி எனவும், ஒழுங்கு வரிசைப்படுத்தப்பட்ட மூலக்கூறுகளின் மேல் பிற அனைத்து மூலக்கூறுகளுடனுமான இடை வினை களின் சராசரிக்குச் சமமான ஒரு புலம் செயல்படுகிறது எனவும் கருதப்படுகிறது. 1873 இல் வான்டர் வால்ஸ் இதே போன்ற ஒரு கொள்கையை நீர்ம - வளிம மாற்றத்திற்காக வெளியிட்டார். அவர் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் மேலும் பிற அனைத்து மூலக்கூறுகளா லும் தோன்றும் புலங்களின் சராசரி விசை செயல் படுவதாகவும், அது அடர்த்திக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்ப தாகவும் வைத்துக் கொண்டு மூலக்கூறு இடைவினை களை விளக்கினார்.

1907 இல் பியர் வெயிஸ், பாராகாந்த-பெர்ரோ காந்த மாற்றத்திற்கு இதேபோன்ற ஒருகொள்கையை வெளியிட்டார். அவர் ஒவ்வொரு தலத்திலும் ஓர் அணிக்கோவை இருப்பதாகவும், அதற்கென்று ஓர் எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி உள்ளதாகவும் அந்தத் தற்சுழற்சி இரு திசைகளில் திசைப்பட்டிருக்க முடியும் எனவும் அடுத்தடுத்த தற்சுழற்சிகள் ஒரே திசையில் இருந்தால் ஆற்றல் குறைவாயிருக்கும் எனவும் அவர் கருதினார். இதிலும் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் மீதும் பிற அனைத்து மூலக்கூறுகளாலும் தோற்றுவிக்கப்படும் ஒரு சராசரிப் புலம் செயல் படுவதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு அனைத் துக் கொள்கைகளும் ஒரு தனி மூலக்கூறின் மேல் பிற அனைத்து மூலக்கூறுகளாலும் தோற்றுவிக்கப் படும் ஒரு சராசரிப் புலம் செயல்படுகிறதாகக் கொள் கின்றன. குறைந்த வெப்பநிலைகளில் இந்தச் சராசரிப் புலம் ஒழுங்கைப் பேணப் போதுமானதாக உள்ளது. ஆனால் வெப்பநிலை உயரும்போது மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் உயர்ந்து மிகுதியான மூலக்கூறுகளுக்கு ஒழுங்கின்மையை உண்டாக்குகிறது. அமைப்பு ஒழுங் கீனமடையும்போது ஒழுங்குபடுத்தும் சராசரிப்புலம் குறைகிறது. அதனால் அமைப்பில் ஒழுங்கீனம் ஏற் படுவது மேலும் எளிதாகிறது. இந்தத் தொடர் விளைவு காரணமாக இக்கட்ட மாற்றங்கள் கூட்டுச் செயல் நிகழ்ச்சிகள் (cooperative phenomena) எனப் படுகின்றன.

இத்தகைய வெப்ப இயக்கவியல் நடத்தையைக் கண்டுபிடிக்கப் புள்ளியியல் எந்திரவியல் (statistical mechanics) முறைகளைப் பயனபடுத்தலாம், இந்தச் சராசரிப் புலக் கொள்கைகள் பழங் கொள்கைகள் (classical theories) எனப்படும். இவை கட்ட மாற்றங் களைப்பற்றி நல்ல பண்பறுதியான ஊகங்களை அளிக்கின்றன. ஆனால் அவை சில முக்கிய கருத்தி யங்களில் தோல்வியடைகின்றன. அவை அனைத்துமே மாறுநிலைப் புள்ளியில், மாறிலி ஒழுங்குத் துணை அலகிலுள்ள வெப்ப எண்ணில் ஒரு திடீர் உயர்வைக் காட்டும் தொடர்ச்சியின்மை ஏற்படுவதாகக் கூறுகின் றன. ஆனால் இத்தகைய கட்ட மாற்றங்களில் பெரும்பாலானவற்றில் மாறுநிலைப் புள்ளியிலுள்ள வெப்ப எண் விரிவடைவதாகவே ஆய்வுகள் காட்டு கின்றன. பழங்கொள்கை மூலம் $|T_c - T|^x$ சுழியை நெருங்கும்போது ஒழுங்கு துணை அலகும் சுழியை நெருங்க வேண்டும். இங்கு T_c என்பது மாறுநிலை வெப்பநிலை, $x = 0.5$. ஆனால் ஆய்வுகளில் $x = 0.3$ என வருகிறது. x என்பது ஒரு மாறுநிலை அடுக்குக் குறி விரிவுக்கான (exponent) எடுத்துக்காட்டாகும். பிற பல நிகழ்வுகளில் பழங் கொள்கை பயனுள்ள தாயிருந்த போதிலும் போதுமானதாக இல்லை.

அனைத்துப் பழங்கொள்கைகளிலும் ஒரு கருது கோள் பொதுவானதாக உள்ளது. அமைப்பிலுள்ள மூலக்கூறிடை விசைகள் போதுமான அளவு பெரும் நெடுக்கமுள்ளவை எனவும், ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட மூலக்கூறின் மேல் செயல்படும் புலம், பிற அனைத்து மூலக்கூறுகளாலும் தோற்றுவிக்கப்படும் புலங்களின் சராசரிக்குச் சமம் எனவும் அவை கருதிக் கொள்கின் றன. பெரும் நெடுக்க விசைகளை இவ்வாறு சராசரி யாக்குவது எளிது. ஒரு மூலக்கூறு ஒழுங்கு தவறினால் அடுத்த மூலக்கூறு ஒழுங்கு தவறுவது எளிதாகி விடு கிறது. இது அடுத்தடுத்துள்ள மூலக்கூறுகளுக்கு மிகவும் பொருந்தும். இவ்வாறு சிறு நெடுக்க இடை வினைகள் மாறு நிலைக்கு அருகில் சிறப்புப் பெற்று விடுகின்றன. மாறு நிலையை அணுக அணுக இரு கட்டங்களின் தன்மைகளும் ஒன்று போலமைகின்ற மையால், ஒரு மூலக்கூறு அல்லது மூலக்கூறின் குழுவை ஒரு கட்டத்திலிருந்து பிற கட்டத்திற்குமாற்றக் குறை வான ஆற்றலே தேவைப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட மூலக்கூறு ஒரு கட்டத்திலிருந்து இன்னொரு கட்டத் திற்கு மாறுவது அடுத்த மூலக்கூறும் அதே போலச் செய்வதை எளிதாக்கி விடுகிறது. இவ்வாறு சராசரி ஒழுங்கான துணை அலகில் ஏற்ற இறக்கங்கள் மேலும் எளிதாக நிகழ்கின்றன. அதாவது ஏற்ற இறக்கங் களுக்கு இடையில் ஓர் இடைத் தொடர்பு ஏற்படு கிறது. பழங்கொள்கையான சராசரிப் புலக்கொள்கை கள் மாறுநிலைப் புள்ளிக்கு அருகில் ஒழுங்கான துணைஅலகில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்களுக்கிடையில் இடைத் தொடர்புகளைப் புறக்கணித்து விடுகின்றன என்ற கருத முடியும். இவ்வாறு ஏற்ற இறக்கங் களுக்கு இடையில் தொடர்பு ஏற்படக்கூடிய பெருமத் தொலைவு இடைத் தொடர்பு நீளம் (correlation length) எனப்படுகிறது. மூலக்கூறிடை விசைகளின் நெடுக்கம் இதைவிட மிகவும் அதிகமாயிருக்கும்போது சராசரிப் புலக்கொள்கைகள் செயல்பட வேண்டும் இரண்டும் ஏறத்தாழச் சமமாயிருக்கும்போது அவை செயல்படக் கூடா. மிகு கடத்தல் கட்ட மாற்றம் அயமின் கட்ட மாற்றம் ஆகியவற்றில் விசைகள் போதுமான அளவு பெரும் நெடுக்கமுள்ள வையாக இருப்பதால் சராசரிப் புலக்கொள்கைகள் அங்குச் செயல்படுகின்றன. இரட்டை உலோகக் கலவைகள் அயக் காந்தங்கள், நீர்ம-வளிம நிலைக் கட்ட மாற்றங்கள் ஆகியவற்றை விளக்கச் சராசரிப் புலக் கொள்கைகள் போதுமானவை அல்ல.

ஐசிங் மாதிரி (Ising model) என்பது சராசரிப் புலக்கொள்கையைவிட மிகு வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் கட்டம் ஓர் அணிக் கோவையாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் ஒவ்வொரு தலத்திலும் ஒரு மூலக்கூறு அமைந்துள்ளது. இரு தல நிலைகளைக் குறிப்பிடும் விதத்தை மாற்றியமைப் பதன் மூலம் வெவ்வேறு கட்டமாற்றங்களை அதே மாதிரியைப் பயன்படுத்தி விளக்கலாம். ஓர் இரட்டை உலோகக் கலவையில், அணிக்கோவைத் தலங்களில் இரு உலோகங்களில் ஏதாவது ஒன்றின் மூலக்கூறு அமைந்திருக்கும். காந்தங்களில் தலங்கள் மேல் நோக்கிய தற்சுழற்சி அல்லது கீழ் நோக்கிய தற் சுழற்சி நிலைகளால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். வளிம நீர்மக்கட்ட மாற்றங்களில் இரு தல நிலைகளை நிரம்பியவை அல்லது காலியானவை எனக் குறிப்பிட்டு ஐசிங் மாதிரியைப் பயன்படுத்தி விளக்கலாம்.

இது அணிக்கோவை-வளிம மாதிரி (lattice-gas model) எனப்படுகிறது. ஒரு மிகு அணிக்கோவை மாதிரியில் ஓரின மூலக்கூறுகளுக்கு இடைவினை இடையிலான ஆற்றலைவிட வேறின மூலக்கூறுகளுக்கு இடையிலான இடைவினை ஆற்றல் குறைவானதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. ஓரின மூலக்கூறுகளுக்கு இடையி லான ஆற்றல் குறைவாயிருந்தால் வெவ்வேறு கூட்டமைப்புள்ள இரு கட்டங்களாகப் பிரிவது என்னும் மாதிரி தோன்றுகிறது. இத்தகைய பிரிகை திண்ம உலோகக் கலவைகள், நீர்மக் கலவைகள் ஆகிய இரண்டிலுமே நிகழ்கிறது. குறிப்பாக ஐசிங் மாதிரியில் அண்டை மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலான சிறு நெடுக்க இடை வினைகள் சேர்த்துக் கொள்ளப் படுகின்றன. ஐசிங் மாதிரியின் வெப்ப இயக்கவியல் பண்புகளைப் புள்ளியியல் - எந்திரவியல் முறைகளைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்க முடியும். இரட்டைப் பரிமாணங்களுக்கு இந்தக் கணக்கீடுகள் நுட்பமாகவும் முப்பரிமாணங்களுக்குத் தோராய மாகவும் இருக்கின்றன. இதன் மூலம் பெறப் படும் முடிவுகள் மாறுநிலைப் புள்ளிகளுக்கு அருகில் பாய்மங்களுக்கும், சில காந்தங்களுக்கும்,

உலோகக் கலவைகளுக்கும் ஆய்வுகள் மூலம் பெறப் பட்ட முடிவுகளுடன் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் ஒத்திருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக முப்பரிமாண ஐசிங் மாதிரியின் வெப்ப எண் விரிவடைவதாக உள்ளது. $(T_c - T)^{0.31}$ சுழியாகும்போது ஒழுங்கு துணை அலகும் சுழியாகிறது.

ஓரளவு ஒழுங்கு உள்ள நிலையிலிருந்து அதை விடக் குறைவான ஒழுங்குள்ள நிலைக்கு மாற்றம் ஏற்படுவதையும் ஒழுங்கு - ஒழுங்கின்மை நிகழ்ச்சி யாகக் குறிப்பிடுவதுண்டு. எனவே அனைத்து வகை இரண்டாம் வரிசை மாற்றங்களும், பல முதல் வரிசை மாற்றங்களும் கூட அதில் அடங்கும். எடுத்துக் காட்டாகத் திண்மப் படிகம் உருகுவது பெரும் நெடுக்க ஒழுங்கு நிலையிலிருந்து சிறு நெடுக்க ஒழுங்கு நிலைக்கு ஏற்படும் மாற்றம் ஆகும். உயிரிப்பலவுறுப்பி களில் (biopolymers) ஏற்படும் வடிவமைப்பு மாற் றங்கள், உயிரிச்சவ்வுகளில் தோன்றும் ஹைட்ரோ கார்பன் ஒழுங்குக் குலைவு, நெகிழ் தன்மையுள்ள படிகங்களில் மூலக்கூறுகளின் திசைப்பாடு மாறுதல், நீர்மப்படிகங்களில் மூலக்கூறுகள் வரிசைப்படுதல் போன்றவற்றையும் ஒழுங்கு-ஒழுங்கின்மை நிகழ்வு களாகக் குறிப்பிடலாம். ஐசிங் மாதிரியை ஒத்துள்ள அணிக்கோவை மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தி இந்த நிகழ்வுகளில் பலவற்றை விளக்க முடிந்திருக்கிறது.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. E. W. Elcock, Order Disorder Phenomena, Wiley Eastern Ltd, New york, 1956.

ஒழுங்கு வரிசை

நேர் முழு எண்கள் கணத்தை வரையறை அரங்க மாகக் (domain) கொண்ட அமைப்புமாற்றம் (mapping) f-க்கு ஒழுங்கு வரிசை (sequeuce) என்று பெயர். n ஒரு நேர்முழு எண் என்றால் f(n), ஒழுங்கு வரிசையின் n ஆம் உறுப்பு ஆகும். இது s_n (அ—து $s_n = f(n)$)என்னும் குறியீட்டால் குறிக்கப் படின் ஒழுங்கு வரிசையை $s_1, s_2, \ldots\ldots s_n$ என்றோ $\{s_n\}$ என்றோ குறிக்கலாம். முடிவுள்ள ஒழுங்கு வரிசையில் முடிவுள்ள எண்ணிக்கையுள்ள உறுப்பு களும், முடிவிலா ஒழுங்கு வரிசையில் முடிவிலா எண்ணிக்கையுள்ள உறுப்புகளும் உள்ளன.

$\{a_n\}$ என்பது ஒரு ஒழுங்கு வரிசை என்றும், $\in$ என்பது ஏதேனுமொரு மிகச்சிறிய நேர் மெய்யெண் என்றும் கொண்டால் $|a_n - a| < a$, $n > N$ என்ற வாறு ஒவ்வொரு $\in$ ஐப் பொறுத்தும் ஒரு நேர் முழு எண் N இருந்தால், $\{a_n\}$ மெய்யெண் a க்கு ஒடுங்கு கிறது எனப் பொருளாகும். $\{a_n\}$ இன் எல்லை 'a' என்றும், $\{a_n\}$ ஒரு ஒருங்கும் ஒழுங்கு வரிசை (convergent sequence) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

$\{a_n\}$ ஆனது ஒடுங்கவில்லை என்றால்,

1) மிகப்பெரிய நேர் எண் k க்கு, $n \geqslant N \rightarrow a_n > k$ என்றவாறு N இருப்பின், $\{a_n\}$, $+\infty$ க்கு விரிகிற தென்றும் இத்தகைய ஒழுங்கு வரிசை விரி ஒழுங்கு வரிசை (divergent seqneuce) என்றும் கூறப்படும்.

2) மிகப் பெரிய நேர் எண் L க்கு,

$n \geqslant N \rightarrow a_n < -L$ ஆக இருக்குமாறு நேர் முழு எண் N இருந்தால்

$\{a_n\}$, $-\infty$க்கு விரிகிறதென்றும் இது விரி ஒழுங்கு வரிசை என்றும் குறிக்கப்படும். ஓர் ஒழுங்கு வரிசை ஒடுங்காமலும் விரியாமலும் இருந்தால் அது அலையும் ஒழுங்கு வரிசை (oscilating sequeuce) என்றும்,

$\{a_n\}$ இல் எல்லா n-க்கும், $|a_n| < a$ ஆக 'a' என்னும் ஒரு நேர் எண் இருந்தால் $\{a_n\}$ முடிவுள்ள அலை ஒழுங்கு வரிசை (finite oscillating sequence) என்றும், a இல்லையெனில் முடிவில்லா அலை ஒழுங்கு வரிசை (infinite oscillating sequence) என்றும் வரையறுக்கப்படுகின்றன. மேலும் $\{a_n\}$ இல் $a_1 \leqslant a_2 \leqslant \ldots \leqslant a_n$ என்றவாறு இருந்தால் அது ஒரே முறை ஏறும் (monotonic increasing) ஒழுங்கு வரிசை எனவும், $a_1 \geqslant a_2 \geqslant \ldots \geqslant a_n$ ஆக இருந்தால் ஒரே முறை இறங்கும் (monotonic decreasing) ஒழுங்கு வரிசை எனவும் குறிப்பிடப்படும். பொதுவாக ஓர் ஒழுங்கு வரிசை ஏறும் அல்லது இறங்கும் தன்மைய தாக இருந்தால் அதை ஓரியல்பு ஒழுங்கு வரிசை எனக் குறிப்பது வழக்கம்.

ஒவ்வொரு n க்கும் $a_n \leqslant M$ என்றவாறு ஓர் எண் M இருந்தால் $\{a_n\}$ மேல் வரம்புள்ளது (bounded aboʌe) என்றும், $a_n \leqslant m$ ஆக, ஒரு எண் m இருந் தால் {an} கீழ்வரம்புள்ளது (bounded below) என்றும் கூறப்படும். இதிலிருந்து ஒவ்வோர் ஒடுங்கும் ஒழுங்கு வரிசையும் வரம்புள்ளதுமாகும். ஆனால் பொதுவாக வரம்புள்ள ஒழுங்கு வரிசைகள் எப்போதும் ஒடுங்குவ தில்லை. (எ.கா) 1,2,1,2 ... என்ற ஒழுங்கு வரிசை எல்லா n க்கும் $a_n \leqslant 2$ ஆக இருப்பதால் வரம் புள்ளதானாலும், இது அலையும் ஒழுங்கு வரிசை யாகையால் ஒடுங்காது.

ஒரு வரம்புள்ள ஓரியல்பு ஒழுங்கு வரிசை ஒடுங்கும். மேலும் $\{a_n\}$ ஆனது ஒடுங்கினால், அதன் மேல், கீழ் எல்லைகள் சமமாகும். (அ.து)

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\ a_n = \underline{\lim_{n\to\infty}}\ a_n = \lim_{n\to\infty} a_n$$

மறுதலையாக, வரம்புள்ள ஒழுங்கு வரிசை $\{a_n\}$ இன் மேல், கீழ் எல்லைகள் சமமானால் $\{a_n\}$ ஆனது பொது மதிப்புக்கு ஒடுங்குகிறது. ஓர் ஒழுங்கு வரிசை பூச்சியத்திற்கு ஒடுங்கினால், அது பூச்சிய ஒழுங்கு வரிசை (null sequeuce) எனப்படும்.

$\{a_n\}$ என்ற ஒழுங்கு வரிசைக்கு ஓர் எல்லை இருத் தலுக்கு வேண்டிய போதிய விதி, கொடுக்கப்பட்ட

$\epsilon > 0$ க்கு $n \geqslant N \rightarrow |a_{n+p} - a_n| < \epsilon$ எல்லா நேர் முழு எண்களையும் குறிக்கும் என்றவாறு N இருக்க வேண்டும் என்பது கோஷியின் ஒருங்கல் பொது விதி (cauchy's general principle of convergence) ஆகும். இதைப் பயன்படுத்திப் பல கணக்குகள் நிறுவப்படுகின்றன.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒளி

இது ஒரு வகை ஆற்றலேயாகும், ஒளி ஆற்றல் கட்புலனுணர்வைத் தூண்டிப் பார்வையளிக்கிறது. தாமாகவே ஒளி வெளிவிடும் பொருள்கள் ஒளிர் பொருள்கள் (luminous objects) என்றும் மற்றவை ஒளிராப் பொருள்கள் (non-luminous objects) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஒளிராப் பொருள்கள் ஒளிதரும் பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்களை எதிரொளிப்பதன் மூலம் கண்களுக்குப் புலனாகின்றன.

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டைனின் கொள்கைப்படி ஒளிதான் உலகிலேயே மிகுந்த வேகத்துடன் செல்லக் கூடியது. ஒளி வேகம் ஒரு மாறிலி (நொடிக்கு 3×10^8 மீட்டர்). ஒளி துகள் தன்மை, அலைத் தன்மை என இருவகைப் பண்புகளை பெற்றுள்ளது. மேலும் இது வடிவியல் கொள்கை, அலைக்கொள்கை (geometric optics and physical optics) என இருவகைப்படும். வடிவியல் கொள்கையில், ஊடுருவ அனுமதிக்கும் பொருள்களின் அமைப்பு, அவற்றின் தடிமன், ஒளிவிலகல் எண் போன்றவற்றைப் பொறுத்த அளவில் இருக்கும். அலைக் கொள்கையின்படி, குறுக்கீட்டு விளைவு தளவிளைவு, விளிம்பு விளைவு போன்றவற்றை விளக்கும் அலைப் பண்பைப் பற்றியதாகவும் இருக்கும்.

இயல்பு. ஒளி பரவுதல் என்பது ஒரு வகை ஆற்றல் பரவுதலே ஆகும். இது எவ்வாறு பரவுகிறது அல்லது பொருள்களினூடே கடத்தப்படுகிறது என்பதைக் கொண்டு ஒளியின் இயல்பை நன்கு அறியலாம். பதினேழாம் நூற்றாண்டில் சர் ஐசக் நியூட்டன் என்பார் துகள் கொள்கையை (corpuscular theory) வெளியிட்டார். இக்கொள்கையின்படி ஒளிர் பொருள்கள் யாவும் தொடர்ச்சியாக மீள் ஆற்றல் உள்ள ஒருவகைத் துகள்களை வெளிவிடும். அத் துகள்கள் ஒருபடித்தான ஊடகத்தில் நேர் கோட்டின் வழியே இயங்கும். ஒளிர் பொருள்களிலிருந்து தோன்றும் இத்துகள்கள் ஓர் எதிரொளிப்புத் தளம் அல்லது ஒளி புகு ஊடகம் ஒன்றின் தளத்தை நெருங்கும்போது ஒருவித எதிர்ப்பு விசை அல்லது ஈர்ப்பு விசைக்குட்படும். இவ்விசையால் துகள்கள் தங்கள் இசைவிற்கேற்றவாறு சில எதிரொளிப்புக்கும் சில ஒளிவிலகலுக்கும் உட்படுகின்றன. ஒரே சமயத்தில் ஒளி எதிரொளிப்பையும், ஒளி ஊடுருவலையும் விளக்குகையில் சில துகள்கள் ஒளி எதிரொளிப்பையும், சில விலகலையும் ஒருவித மயக்கத்தில் (mood) ஏற்படுத்துகின்றன எனவும், அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஒளியின்திசைவேகம் அடர்குறை ஊடகத்தில் செல்வதைவிடக் கூடுதலாக இருக்க வேண்டுமெனவும் கருதினார்.

இதே காலத்தில் தோன்றிய ஹைகன்ஸ் 1684இல் அலைக்கொள்கையை வெளியிட்டார். இக்கொள்கைப்படி ஒளி, ஒலியைப் போன்றே அலைவடிவில்தான் பரவ வேண்டும் எனக் கூறப்பட்டது. மேலும் குறுக்கீட்டு விளைவு, முனைவாக்கம், விளிம்பு விளைவு போன்றவற்றிற்கு நியூட்டனின் துகள் கொள்கை தக்க விளக்கமளிக்கத் தவறியதாலும், ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தைவிட அடர்குறை ஊடகத்தில் செல்லும்போது மிகுந்த வேகத்தில் செல்வதாலும் ஃபோகால்ட் முறையில் ஒளியின் திசை வேகம் வரையறுக்கப்பட்டதாலும் நியூட்டனின் துகள் கொள்கை தவறானதாலும் ஹைகனின் அலைக் கொள்கையே சரியானது என நிலைநாட்டப்பட்டது.

அலைக் கொள்கையின் அடிப்படையில் வெவ்வேறு வண்ண ஒளிக் கதிர்கள் வெவ்வேறு அலை நீளங்களைப் பெற்றுள்ளன எனவும் இவற்றை ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு ($1Å = 10^{-8}$cm) கொண்டு அளக்கலாம் எனவும் விளக்கப்பட்டது. ஒளி அலையாகப் பரவுகையில் எங்கும் நிறைந்துள்ள ஒரு படித்தான ஊடகமாகிய ஈதரைத் தூண்டி ஆற்றல் கடத்தப்படுகிறது எனவும் கூறப்பட்டது. ஒளி மூலத்திலிருந்து முன்னேறும் அலைகள் பல்வேறு அலை முகப்புகள் உடையன எனவும் அவற்றைக் கோளக அலை முகப்பு உருளை அலைமுகப்பு, சமதள அலை முகப்பு எனவும் கூறுவர். ஒளி அலைகள் ஈதரைத் தூண்ட இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளைத் (secondary waves) தோற்றுவிக்கின்றன எனவும் கூறப்பட்டது. அலை நீளத்தை λ என்னும் குறியீட்டின் மூலம் குறித்தனர்.

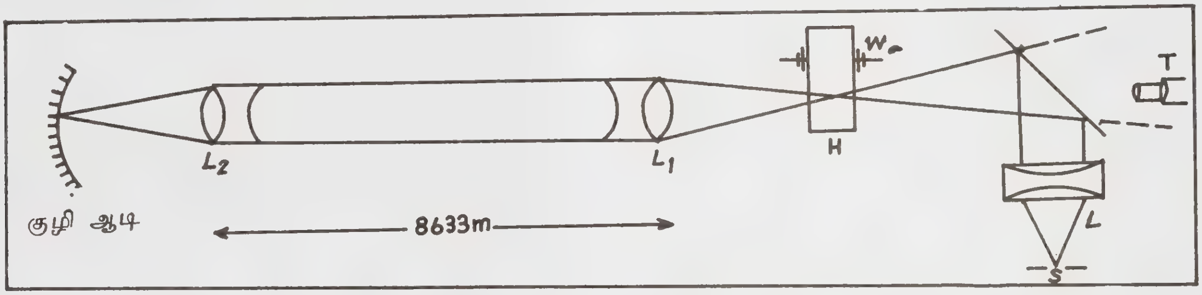
மின்காந்த அலைக்கொள்கை. 1873 இல் ஜேம்ஸ் கிளார்க் மாக்ஸ்வெல் என்பார் ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்கையில் அக்கடத்தியைச் சுற்றிலும் காந்தப் புலமும், மின்புலமும் மாறி மாறித் தோன்றி அனைத்துத் திசைகளிலும் அலை வடிவில் பரவ வேண்டும் எனக் கூறினார். இத்தகைய அலைகள் மின்காந்த அலைகள் என்றும் இவை ஒளியின் வெற்றிடத் திசைவேகமாகிய 3×10^8 மீ/நொ வேகத்தைப் பெற்றுள்ளன எனவும் கண்டுபிடித்தார். இக் கொள்கை ஒளிக்கு முற்றிலும் பொருந்தியதால் இதுவே சிறந்ததாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

மின்காந்தக் கொள்கைப்படி இயற்கையில் காணப்படும் அண்டக் கதிர்கள் முதல் ரேடியோ

அலைகள் வரை உள்ள அனைத்து வகைக் கதிர்களும் மின்காந்த அலைகளே ஆகும். ஆனால் வெண்மை ஒளியில் அடங்கிய அலைநீளங்கள் மட்டுமே கட்புலனுணர்வைத் தூண்ட வல்லவை. பிற அலை நீளங்கள் யாவற்றையும் தக்க கருவிகளைப் பயன் படுத்தியே அளக்க இயலும். காட்டாக 4000Å - 7000Å வரை உள்ள அலைநீளங்களை மட்டுமே பார்க்க முடியும். அனைத்து அலைநீளங்களையும் உடைய ஒரு நிறமாலையே மின்காந்த நிறமாலை (electro magnetic spectrum) ஆகும்.

இங்கு அலைக்கொள்கையும துகள் கொள்கையும் இணைந்து ஒன்று மற்றொன்றாக மாற இயலுமென்ப தையும் அறிய முடியும். இது உண்மையென எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வுகள் நிறுவின.

ஒளியின் வேகம். இந்நாள் வரை மேற்கொள்ளப் பட்ட பல ஆய்வுகள் ஒளியின் திசைவேகம் ஒரு மாறிலி என்பதை நிறுவியுள்ளன. இது மிக மிக வேகமாகச் செல்லக்கூடியது. இதன் வேகம் ஏறத் தாழ 299, 792. 6 ± 0.7 கிலோ. மீட்டர்/நொடி



குவாண்ட்டம் கொள்கை. ஆல்ப்ர்ட் ஐன்ஸ்டைனின் ஒளிமின் விளைவின் கண்டுபிடிப்பு, குவாண்ட்டம் கொள்கையை நிலைபெறச் செய்தது. சோடியம், பொட்டாசியம், ரூபிடியம், சீசியம் போன்ற உலோகங் களின் மீது ஒளி விழும்போது அவை எலெக்ட்ரான் களை வெளியேற்றுகின்றன. இதற்கு அலைக் கொள்கையின் மூலம் சரியான விளக்கமளிக்க இயல வில்லை. 1905 இல் மார்க்ஸ், பிளாங்க் என்போர் ஐன்ஸ்டைன் குவாண்ட்டம் கொள்கை அடிப்படை யில் விளக்கமளித்தனர். இப்புதுக் கொள்கையின் மூலம் ஒளி ஆற்றல் தொடர்ச்சியான அலைவடிவில் பரவாமல் சிறுசிறு ஆற்றல் பெட்டகங்கள் (ஃபோட் டான்கள்) வடிவிலேயே பரவுகிறது. இதன் மூலம் துகள் கொள்கைக்கும் அலைக் கொள்கைக்கும் தொடர்பு ஏற்பட்டது. துகள்கள் அலை அலையாக முன்னேறுவதாகக் கொள்ளப்பட்டது. ஐன்ஸ்டை னின் கொள்கைப்படி $E=mc^2$. இங்கு m என்பது நிறையையும், c என்பது திசைவேகத்தையும் E = ஆற்றலையும் குறிக்கும். பிளாங்க்கின் கொள்கைப்படி $E=h\nu$. இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி, ν என்பது அதிர்வெண். இவ்விரு பண்புகளையும் ஒளி பெற்றி ருப்பதால் ஒளியை இருமைப் பண்பு உடையதாகக் கருதலாம். இவ்விரு சமன்பாடுகளையும் இணைத்து லூயிடி பிரோக்லி என்பார் அலைநீளத்திற்கான கோவையை உருவாக்கினார்.

$$E = h\nu = mc^2$$

ஆனால் $p = mc$

$$c = \nu\lambda :- \nu = \frac{c}{\lambda} ; \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{h}{mc}$$

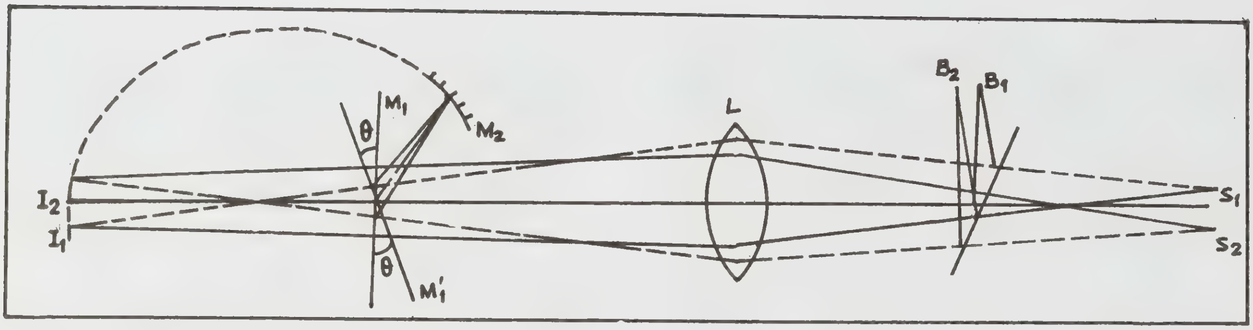
ஆகும். இது வெற்றிடத்திலும் பாயும் தன்மை உடையது. தற்போது டேக்கியான்ஸ் என்னும் மிகு விரைவுத் துகளைப் பற்றிய ஒரு கணிப்புச்செய்துள்ள னர். இது ஆய்வு மூலம் கண்டறியப்படவில்லை. எனவே ஒளி மின்காந்த அலைகளால் ஆனதால் அதுவே மிக்க வேகமுடையதாகும்.

1849 இல் பீஃகோ, பல் சக்கர அமைப்பு முறை யைக் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட்டார்,

ஒளிமூலம் S இலிருந்து வரும் ஒளியை ஒரு சம தள ஆடியால் எதிரொளிக்கச் செய்து கதிருக்கு இணையான அச்சில் சுழலும் ஒரு பல்சக்கரத்தின் ஒரு பல் இடுக்கில் குவித்து L_1 வில்லைத் தொகுப்பின் குவியத்தில் அமையுமாறு செய்து L_1 ஐ விட்டு வெளி வரும் கதிர் இணையாக்கப்பட்டு ஏறத்தாழ 8633 மீ தொலைவிற்குக் கொண்டு செல்லப்படுகிறது. பின்னர் அது L_2 வில்லைத் தொகுப்பின் மீது பட்டு ஒரு குழி ஆடியின் மீது குவிந்து வந்த வழியே திரும்பிப் பல் சக்கரத்தை அடைகையில் சக்கரத்தின் சுழற்சியையும் பல்லின் எண்ணிக்கையையும், சென்று வரும் தொலைவையும் கொண்டு ஒளியின் வேகம் கணக் கிடப்பட்டது. 720 பற்களையும் நொடிக்கு 12.6 சுழற்சியையும் உடைய ஒரு சக்கரத்தின் உதவியால் வேகம், 3.13×10^8 மீ/நொ எனக் கணக்கிடப்பட்டது.

1862-இல் ஃபோகால்ட், ஆய்வுக்கூட முறையில் சுழலும் ஆடிமுறையில் மிக நுட்பமாகக் கணக்கிட் டார். இதன்படி வேகம் 2.98×10^8 மீ/நொ.

S_1 எனும் ஒளி மூலத்திலிருந்து கிளம்பும் ஒளி வில்லை L ஆல் I_1 இல் குவிக்கப்படுகிறது. வழியில் M_1 M_1' எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி வைக்கப்பட்டு ஒரு கிடை அச்சில் சுழல்கிறது. இக்கண்ணாடியில்



எதிரொளித்த கதிர் M_2 எனும் குழி ஆடிக்குச் சென்று வந்த வழியே திரும்புகிறது. இக்கதிர் ஆடி $M_1M_1^1$ கோணம் θ திரும்பிய நிலையில் சந்திக்கிறது. பின்பு L-வழியாக S_2-இல்குவிகிறது மற்றோர் ஆடி படத்தில் காட்டியபடி பாதையில் வைக்கப்பட்டு விலகிய கதிர் B_2வில் குவிவதைக் காணுமாறு செய்கிறது. இந்த முறையில் B_1B_2 இடப்பெயர்ச்சி 7 மீ.மீ. ஆகும். சுழலும் ஆடிக்கும் குழி ஆடிக்குமிடையே ஒரு குழாய் அமைத்து அதில் நீர்மத்தை நிரப்பி, ஒளி சென்று மீண்டு வரும் நேரத்தைக் கணக்கிட்டு ஒளியின் திசை வேகம் நீர்மத்தில் கணக்கிடப்பட்டது. இதன் மூலம் ஒளி வெற்றிடத்தைத் தவிரப் பிற அனைத்து ஊடகங்களிலும் குறைவான திசை வேகத்துடனேயே செல்கிறது என்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. இது நியூட்டனின் துகள்கொள்கைக்கு நேர்மாறாக அமைந்துவிட்டது.

பின்னர் 1926 இல் மிக்கெல்சன் என்பார் சுழலும் எட்டுப் பக்கமுடைய ஆடியின் மூலமும், 1928 இல் கரோலஸ், மிட்டல் ஸ்டெட் ஆகியோர் இரண்டு கெர் சிமிழ் (kerr cell) கொண்டும், 1941 இல் ஆண்டர்சன் கெர் சிமிழ் கொண்டும், 1948 இல் ஈசன், கார்டான், ஸ்மித் என்போர் வெற்றிட ஒத்ததிர்வுக் கருவி மூலமும், 1949 இல் அலாக்ஸ்ன் கம்பியில்லாத் தந்தி அலைகள் மூலமும், 1951 இல் ரேடார் மூலமும், 1952 இல் ஃப்ரூம் என்பவர் நுண் அலைக் குறுக்கீட்டு விளைவி கொண்டும் ஒளியின் வேகத்தை ஆய்வுகள் மூலம் அறிந்துள்ளனர். இதன்படி $C=(2.99774 \mp 00004)\times 10^8$ மீ/நொ எனலாம்.

ஒளிவேகச் சிறப்பு. இதைக் கொண்டு அதிர்வெண் - அலை நீளத்திற்கான தொடர்பைச் சரிபார்ப்பதன் மூலம் நிறமாலைக் கோடுகளில் அலை நீளங்களை அளக்க இயலும். $C=\nu\lambda$ இங்கு ν என்பது அதிர்வெண், λ என்பது அலை நீளம்.

ஐன்ஸ்டைனின் சார்பியல் கொள்கையின்படி ஒரு துகளின் வேகமிகைப்பினால் நிறையும் உயர்கிறது.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

என்னும் சமன்பாட்டின்படி சார்பு நிறையை உணர முடிகிறது. இதில், m_0 என்பது நிலைநிறையையும், m என்பது சார்பு நிறையையும், v என்பது துகளின் திசை வேகத்தையும், c ஒளியின் திசை வேகத்தையும் குறிக்கும்.

நிறை - ஆற்றல் தொடர்பு. $E=mc^2$ என்னும் சமன்பாட்டிலிருந்து துகளின் நிறையிலிருந்து ஆற்றலைக் கணக்கிட முடிகிறது. இதேபோல் அணு பிளவுறுகையில் வெளிவிடப்படும் ஆற்றலையும் கணக்கிட முடிகிறது.

ஆற்றல் உந்தம் தொடர்பு. உந்தம் $= mc = \frac{h\nu}{c} = p.$ இதில் pஎன்பது உந்தம், h என்பது பிளாங்கின் மாறிலி ஆகும்.

ஒளி ஓர் ஊடகத்தில் செல்லும்போது அதன் வேகம் தெரிந்தால் அவ்வூடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிட முடியும்.

$$\mu = \frac{C\ \text{காற்று}}{C\ \text{ஊடகம்}}$$

- சி. சுப்பிரமணியன்

ஒளி அயனியாக்கம்

மின்காந்த நிறமாலையில் எக்ஸ் கதிர், புற ஊதாக் கதிர் போன்ற உயர் ஆற்றல் வாய்ந்த பல்வேறு கதிர்வீச்சுகளும் அமைந்துள்ளன. இவை சிறு சிறு ஆற்றல் கூறுகளாலான ஃபோட்டான்களாக வெளிப்படுகின்றன. இந்த ஃபோட்டான்கள் காற்று ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்றால் அவ்வழியில் எதிர்ப்படும் காற்று மூலக்கூறுகளோடு மோதித் தன் ஆற்றலை அந்த வளிம மூலக்கூறில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கு வழங்கும். இவ்வாறு கொடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் போதுமானதாக இருந்தால் எலெக்ட்ரான்கள் மூலக்கூறுகளிலிருந்து வெளியேறி மூலக்கூறுகளை நேர் மின்னூட்டம் பெறச் செய்யும். ஃபோட்டான்களின் ஆற்றலைப் பொறுத்தும் அவற்றின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தும், தோற்றுவிக்கப்படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அமையும். மேலும் வளிமத்தின் அழுத்தம், அதாவது எதிர்ப்படும் மூலக்கூறுகளின் அடர்த்தியைப்

பொறுத்தும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அமையும். குறை ஆற்றல் உள்ள ஃபோட்டான்கள் மூலக்கூறு களோடு மோதினால் அயனியாக்கம் ஏற்படாது.

ஃபோட்டான்கள் ஓர் உலோகத் தகட்டில் மோதுவதாகக் கருதினால், உலோகத்தகட்டில் உள்ள மிகை எலெக்ட்ரான்கள், ஃபோட்டான்களின் ஆற் றலை உட்கவர்ந்து கொள்கின்றன. ஃபோட்டான் களின் ஆற்றல் போதுமான அளவில் அமைந்தால் இந்த மிகை எலெக்ட்ரான்கள் உலோகப் பரப்பின் வரம்பைக் கடந்து வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாறு ஃபோட்டான்கள் உட்கவரப்பட்டு அதன் ஆற்றலால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதற்கு ஒளிமின் விளைவு என்று பெயர்.

இவ்விளைவு முதலில் 1887 இல் ஹெயின்ரிச் ஹெர்டஸ் என்பார் மின்காந்த அலைகளை நிறுவ முற்படுகையில் தற்செயலாகக் கண்டறியப்பட்டது. பின்னர் 1889 இல் லெனார்டு விரிவான ஆய்வுகள் மூலம் ஃபோட்டான்களால் வெளிப்படுத்தப்படும் அயனிகள் எலெக்ட்ரான்களின் பண்புகளையும், e/m மதிப்பையும் பெற்றிருப்பதை நிறுவினார். மேலும் ஒளிமின் விளைவால் தோற்றுவிக்கப்படும் மின் னோட்டம் ஒளிக்கற்றையின் செறிவிற்கு அதாவது ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும். ஒளிமின் விளைவால் விடுவிக்கப் பட்ட எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் ஃபோட்டான் களின் ஆற்றலுக்கு நேர் விகிதத்தில் அமையும். அதாவது ஒளிக்கற்றையின் அதிர்வெண்ணோடு நேர் விகிதத்தில் அமையும். ஒளிக்கற்றையின் அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்குக் குறைவாக இருந்தால் ஒளிமின் விளைவு ஏற்படுவதில்லை. எனவே ஒளி அயனியாக்கம் ஏற்படுத்த ஃபோட்டான்கள், அப் பொருளுக்கேற்ப ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும ஆற்றலைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மேலும் இந்த ஃபோட்டான் களின் மோதுகையும் அயனியாக்கமும் காலதாமத மின்றி ஒரே சமயத்தில் நடைபெறுகின்றன.

ஒளி அயனியாக்கத்தை மின்காந்த அலைக் கொள்கையால் விளக்க இயலாது. ஆனால் ஒளியின் குவாண்ட்டம் கொள்கைப்படி ஒளிக்கற்றை ஆற்றல் கூறுகளால் ஆக்கப்பட்டதாகக் கருதப்படுகிறது. 1905 இல் ஐன்ஸ்டைன் குவாண்ட்டம் கொள்கை யின் அடிப்படையில் ஒளி அயனியாக்கத்தை விளக்கி னார். மேலும் ஓர் ஆற்றல் சமன்பாட்டைப் பெற்றார். ஃபோட்டான்களின் ஆற்றல் $h\nu$ எனவும் எலெக்ட்ரான் வெளிப்படத் தேவைப்படும் சிறும ஆற்றல் $\mu\ \nu_0$ எனவும் கருதினால், மோதலில் எஞ்சி யுள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் களின் இயக்க ஆற்றலாக அமையும். எனவே, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் சிறும அயனியாக்க ஆற்றல் இவற்றின் கூட்டுத் தொகை ஃபோட்டான்களின் ஆற்றலாக அமையும் எனக் குறிப்பிட்டார். அதாவது

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2} mv^2$$

இது ஒளிமின் சமன்பாடு எனப்படும். இச்சமன் பாட்டை மில்லிகன் என்பார் தம் ஆய்வு மூலம் சரி பார்த்தார். இவரின் ஆய்வு ஒளியின் குவாண்ட்டம் கொள்கைக்குச் சான்று தரும் சிறப்புடையது.

அக ஒளிமின் விளைவு. ஒரு ஃபோட்டான் உலோகத்தின் மீது மோதும்போது அது உட்கவரப் பட்டு அந்த ஃபோட்டான் ஆற்றல், உலோ கத்தில் உள்ள எலெக்ட்ரானுக்கு வழங்கப்படுகிறது. உலோகத்தில் எப்போதுமே நிரப்பப்பட்டுள்ள ஆற்றல் மட்டங்களுக்குச் சற்று மேலே, நிரப்பப்படாத ஆற்றல் மட்டங்கள் உள்ளன. இவ்வாறு ஃபோட் டான் உட்கவரப்பட்டு எலெக்ட்ரானுக்குக் கொடுக்கப் பட்ட ஆற்றல், அந்த எலெக்ட்ரானை வெற்றிட மாக உள்ள உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு உயர்த்தப் போதுமானதாக இருப்பின், எலெக்ட்ரான்கள் நிரப்பப்படாத உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு உயர்த்தப் படுகின்றன. எனவே உலோகத்தின் மின் கடத்தும் திறன் உயர்கின்றது. இயல்பான வெப்பநிலைகளில் பொதுவாகவே உலோகத்தில் சிறிதளவு எலெக்ட் ரான்கள், மின் கடத்தும் ஆற்றல் மட்டங்களில் நிலவுவதால், ஒளிக்கற்றையால் தோற்றுவிக்கப்படும் மின் கடத்தல் உயர்வு சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும்.

மின் கடத்தாப் பொருள்களில் எலெக்ட்ரான்கள் அடங்கிய கீழ்நிலை ஆற்றல் மட்டங்களுக்கும், நிரப் பப்படாமல் இருக்கும் மேல் நிலை ஆற்றல் மட்டங் களுக்குமிடையே உள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு மிகுதி யாகும். எனவே, ஃபோட்டான்கள் இந்த ஆற்றல் வேறுபாட்டைவிட உயர் ஆற்றல் பெற்றால்தான் எலெக்ட்ரான்கள், மின் கடத்தும் உயர்ந்த ஆற்றல் மட்டங்களுக்குச் செல்ல இயலும். குறை கடத்தி களில் இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்களை மின்கடத்தும் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு உயர்த்தத் தேவைப்படும் ஆற்றல் நடுநிலையாகவே இருக்கும். எனவே, ஆற்றல் மிகு ஃபோட்டான்கள் குறை கடத்திகளின் மீது படும்போது அதன் எலெக்ட்ரான்கள் மின் கடத்து ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு உயர்த்தப்படுவதால் அப்பொருளில் மின்கடத்தல் மிகுதியாகும். இவ்வாறு, மின்கடத்தலில் ஏற்படும் உயர்வே அக ஒளி மின் விளைவு எனப்படும்.

புற ஒளி மின் விளைவு. ஃபோட்டான்களின் ஆற்றலை உட்கவர்ந்து எலெக்ட்ரான்கள் மின்கடத்து ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு உயர்த்தப்பட்டாலும் எலெக்ட்ரான்கள் அப்பொருளின் பரப்பில் உள்ள உருவ விசையை எதிர்த்துப் பொருளைவிட்டு வெளி யேற இயல்வதில்லை. இந்த எலெக்ட்ரான்களுக்கு

மேலும் தேவைப்படும் ஆற்றல் கொடுக்கப் பட்டால்தான் அது பரப்பில் உள்ள தடுப்பு விசையை மீறிப் பொருளின் பரப்பிலிருந்து வெளியேற முடியும். இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்கள் மிகு ஆற்றல் ஃபோட்டான்களை உட்கவர்ந்து பொருளின் பரப் பிலிருந்து வெளிப்படுவதற்குப் புற ஒளி மின் விளைவு எனப் பெயர். அக ஒளி மின் விளைவில் ஒளிக்கற்றை படுவதால் பொருளில் மின் கடத்தல் உயரும். ஆனால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படா. ஆனால் புற ஒளி மின் விளைவால் ஆற்றல் மிகு ஃபோட்டான்களை உட்கவர்ந்து எலெக்ட்ரான்கள் பொருளின் பரப் பிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன.

ஒளி பெருக்கி, ஒளி மின்கடத்து மின்கலம், மின் திருத்தி மின்கலம், உருவத் திருப்பி, சூரிய ஒளி மின் கலம் ஆகிய கருவிகளில் ஒளி மின் விளைவு பெரும் பாலும் ஒளியின் செறிவை நுட்பமாகக் கணக்கிடுவ தற்கும் ஒளி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்று வதற்கும் பயன்படுகிறது.

-அ. பாலசுப்பிரமணியன்

ஒளி அளவியல்

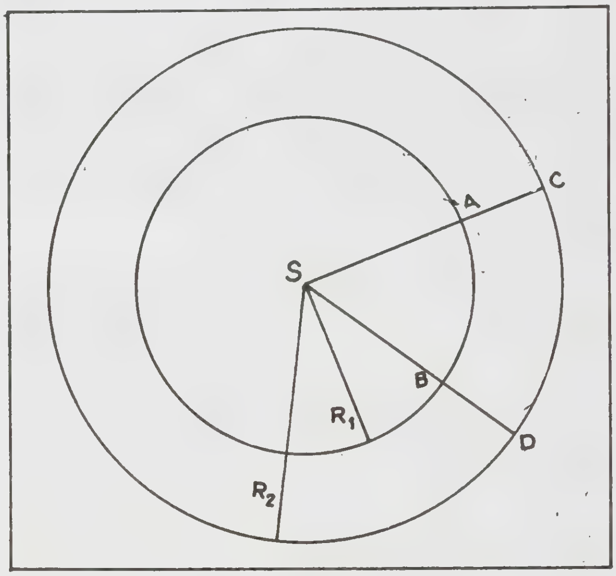
ஒளியின் அளவு, ஒளி அடர்த்தி, வண்ணம், உட்கவர்பு எண் போன்ற ஒளியின் இயல்புகளை, அளவிடும் பிரிவே ஒளி அளவியல் (photometry)ஆகும்.

ஒரு நொடியில் அனைத்துத் திசைகளிலும் வீசும் ஒளியாற்றல் அந்த ஒளிமூலத்தின் மொத்த ஒளிப் பாயம் (total luminous flux) ஆகும். இதை அளவிடச் செந்தர மெழுகு விளக்குத்திறன் (candle power) எனும் அளவீடு பயன்படுகிறது. 0. 0756 கி. கிராம் எடையுள்ள ஒரு மெழுகுவர்த்தியின் மெழுகு மணிக்கு 120 கிரயின் (grain) அளவு எரிய, அதனால் உண்டாகும் ஒளியாற்றல் ஒரு மெழுகு விளக்குத்திறன் எனப்படுகிறது. 1940 இல் ஒளியாற்றலை அளக்க அனைத்துலகச் செந்தர மெழுகு என்னும் அலகு உருவாக்கப்பட்டது. பிளாட்டின உருகு நிலையிலுள்ள ஒரு கரும்பொருளின் 1 ச.செ.மீ. துளையின் வழியே வெளிவரும் ஒளியின் அளவில் 60 இல் ஒரு பகுதியேஅனைத்துலகச் செந்தர மெழுகு விளக்கு அளவீடாகும்.

ஒரு புள்ளி வடிவ ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் கூம்பு வடிவ அமைப்பைக் கொண்டிருக் கும். இவ்வொளி சீராக அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவுவதால் ஒளியின் அளவு, அத்தளம் ஒளிர் பொருளுக்குக் கொண்டிருக்கும் திண்மைக் கோணத் தைச் சார்ந்துள்ளது.

விதிகள்

லாம்பர்ட் எதிர்விகித இருமடி விதி. ஒரு புள்ளி வடிவ ஒளி மூலத்திலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட தளத் தின்மேல் விழும் ஒளியின் அளவு அந்தத் தளத்திற்கும் ஒளிமூலத்திற்கும் இடையிலுள்ள தொலைவின் இரு மடிக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.



S இல் ஒரு புள்ளி வடிவ ஒளிமூலம் இருக்கலாம். R_1, R_2 ஆரங்களைக்கொண்ட இரு கோளங்களை வரையலாம். மூலத்திலிருந்து ஒரு நொடியில், Q அலகு ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது எனும் பரப்பு S_1 கொண்ட தளம் AB மற்றும் பரப்பு S கொண்ட தளம் CD யைக் கருத்தில் கொண்டால்,

ஒரு நொடியில் AB இன் குறுக்கே பாயும் ஆற்றல்

$$E_1 = \frac{Q \times S_1}{4\pi R^2_1}$$

ஒரு நொடியில் CD இன் குறுக்கே பாயும் ஆற்றல்

$$E_2 = \frac{Q \times S_2}{4\pi R^2_2}$$

$E_1 = E_2$ ஆகவே

$$\frac{Q\ S_1}{4\pi R^2_1} = \frac{Q\ S_2}{4\pi R^2_2}$$

அல்லது $$\frac{S_1}{S_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

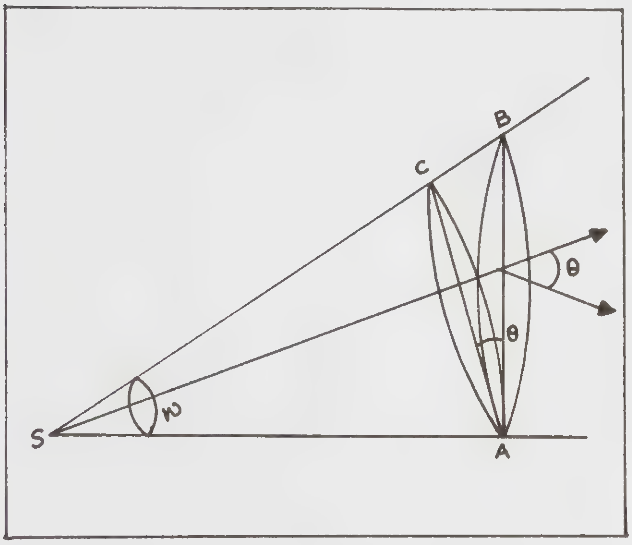
மேலும் ஒரு நொடியில் ஓரலகுப் பரப்பு வழியே இரு கோளங்களிலும் பாயும் ஆற்றல்,

$$I_1 = \frac{Q}{4\pi R_1^2} \text{ மற்றும் } I_2 = \frac{Q}{4\pi R_2^2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

$$\therefore I \propto \frac{1}{R^2}$$

லாம்பர்ட் கொசைன் விதி. கொடுக்கப்பட்ட தளத்தின்மேல் விழும் ஒளிக்கதிர்வீச்சின் படுகோணத்தின் கொசைன் மதிப்புக்கு நேர்விகிதத்தில் ஒளிர்வு இருக்கும்.



படம் 2

தளத்திற்கு நேர்குத்தாகக் கதிர்கள் விழும்போது ஓரலகுப் பரப்பின் மேல் விழும் பாயத்தை ஒளியூட்டலின் செறிவு (intensity of illumination) என வரையறுக்கலாம்.

S என்ற புள்ளி ஒளிமூலத்தையும், a பரப்பைக் கொண்ட AB என்ற தளத்தையும் கருதலாம். இப்பரப்பு S என்ற புள்ளியில் ஏற்படுத்தும் திண்மக் கோணம் ω ஆக இருக்கலாம். AB பரப்பின்மேல் F லூமன் பாயம் விழலாம்.

AB இன் மேல் ஒளியூட்டலின் வலிமை

$$I = \frac{F}{a}$$

ஒளிர் திறன் (luminous intensity) L ஆனது,

$$L = \frac{F}{\omega} \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{அல்லது } F = L\omega$$

$$\therefore I = \frac{L\omega}{a}$$. AC இன் பரப்பு a_1 எனில்

$$\text{திண்மக்கோணம் } \omega = \frac{a_1}{r^2} = \frac{a \cos\theta}{r^2}$$

$$[\because a_1 = a \cos\theta]$$

$$\therefore I = \frac{L.\ a \cos\theta}{a\, r^2} = \frac{L.\ \cos\theta}{r^2}$$

இதுவே லாம்பர்ட் கொசைன் விதியாகும்.

இவ்விதிகளிலிருந்து ஒளிர்வு (1) ஒளி மூலத்தின் ஒளிர்திறனுக்கு நேர்விகிதத்திலும் (2) படுகோணத்தின் கொசைன் மதிப்புக்கு நேர்விகிதத்திலும் (3) தளம் மற்றும் ஒளி மூலத்துக்கு இடைப்பட்ட தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது எனத் தெரிகிறது.

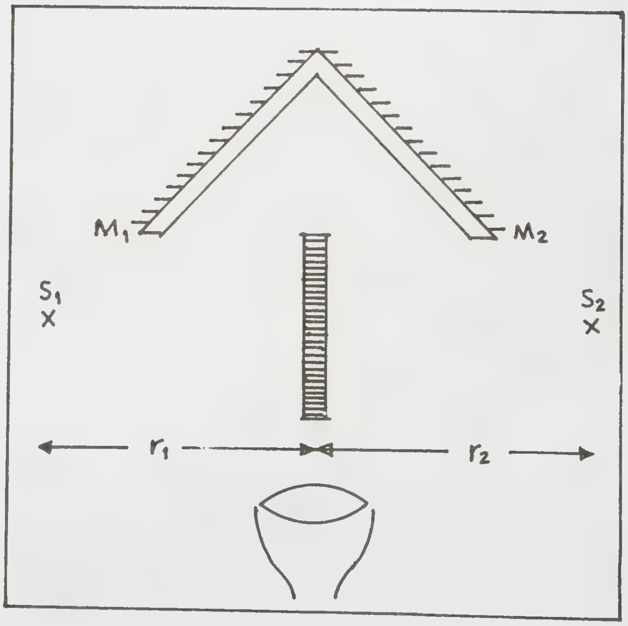
ஒளித்தளத்தின் விளக்கமிகு தன்மை அது எதிரொளிக்கும் திறனைச் சார்ந்ததாகும்.

ஒளி அளவியல் கருவிகள்

இரு மூலங்களின் ஒளி அளவை ஒப்பிட அவற்றால் ஒரு திரையின்மேல் ஏற்படும் ஒளியூட்டத்தைச் சமமாக இருக்கச் செய்யவேண்டும். இரு மூலங்களுக்கும் திரையின் சாய்தன்மை சமமாக இருப்பதால்

$$\frac{L_1 \cos\theta}{r_1^2} = \frac{L_2 \cos\theta}{r_2^2}$$

$$\text{அல்லது } \frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$



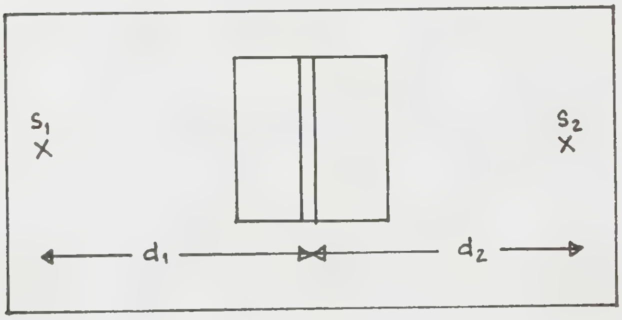
r_1 மற்றும் r_2 இரு மூலங்களும் திரையிலிருந்து உள்ள தொலைவுகள் ஆகும்.

புன்சனின் கிரீஸ்புள்ளி ஒளி அளவி. ஒரு திரையின் மையத்தில் ஒரு சிறு துளையிட்டு அதை ஒரு காகிதத் துண்டால் மூடி அக்காகிதத் துண்டு ஒளிக் கசிவு செய்ய அதில் கிரீசைத் தடவவேண்டும். மூலங்களைத் திரையின் இருபக்கங்களிலும் சரி செய்து மையப்பகுதி காகிதத்திலிருந்து வேறுபடாமல் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும்.

தற்போது திரையிலிருந்து மூலங்களுக்கு உள்ள தொலைவுகள் r_1 மற்றும் r_2 எனில் இரண்டின் ஒளி விளக்கங்களைப் பின்வரும் சமன்பாட்டிலிருந்து ஒப்பிடலாம்.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

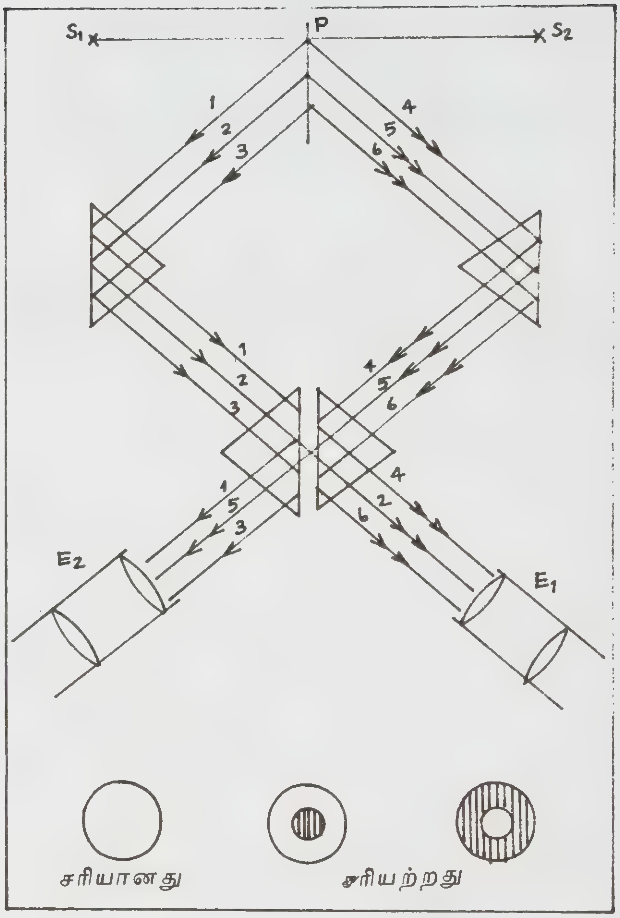
ஜாலியின் ஒளி அளவி. புன்சன் ஒளி அளவியில் கிரீஸ் மற்றும் காகிதத்தை வேறுபடுத்திக் காண்பது கடினமாகும். அதற்குப் பதிலாக ஜாலியின் ஒளி அளவியில் சமமாக ஒளியூட்டப்படுகிறது.



இதில் இரு ஒத்த ஃபாரபின் மெழுகுக் கட்டைகளுக்கு இடையே மெல்லிய தகரத்தகடு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரு ஒளிமூலங்களையும், ஒவ்வொன்றும் ஒரு பக்கத்திலிருக்குமாறு வைப்பின், ஒவ்வொரு மெழுகுக் கட்டையும் ஒவ்வொரு மூலத்தால் ஒளியூட்டப்படும். இரு மூலங்களின் தொலைவுகளைச் சீர்செய்து இரு கட்டைகளுக்கும் சம அளவிற்கு ஒளியூட்டவேண்டும். இரு மூலங்களும் d_1, d_2 தொலைவுகளில் இருப்பின்

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} \text{ ஆகும்.}$$

லம்மர்-ஃப்ரோடன் ஒளி அளவி. மேலே குறிப்பிடப்பட்ட முறைகளில் இருபக்கங்களும் சம அளவிற்கு ஒளியூட்டப்பட வேண்டும். ஆனால் அதை நுட்பமாகக் காணுதல் கடினமாகும். இம்முறையில் அவை தவிர்க்கப்படுகின்றன.



p என்பது ஒரு வெண் திரையாகும். அதன் இருபுறங்களிலும் மக்னீசியம் ஆக்சைடு போன்ற ஒளி பரவச் செய்யும் பொருள் தடவப்பட்டுள்ளது. திரையின் இருபக்கங்களிலும் ஒளிவிளக்கம் ஒப்பிட வேண்டிய இரு ஒளிமூலங்கள் s_1, s_2 வைக்கப்பட்டுள்ளன. p_1, p_2 என்பன இரு முழு அக எதிரொளிப்பு முப்பட்டகங்கள் ஆகும். இவை தம்மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களை முப்பட்டகங்களின் கூட்டமைப்பான p_3 இன் மேல் விழச் செய்கின்றன. இரு சமபக்கச் செங்கோண முக்கோண முப்பட்டகங்கள் அவற்றின் கர்ணங்கள் ஒன்றாக ஒட்டுமாறு சேர்க்கப்பட்டுள்ள அமைப்பே p_3 ஆகும். ஆனால் இரு முப்பட்டகங்களில் ஒன்றின் கர்ணம் சற்று வளைந்திருப்பதால், இரு முப்பட்டகங்களும் மிகச்சிறிய பரப்பிலேயே ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும். அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர் குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட மிகுதியாக இருக்குமாயின் ஒளி முழு அகஎதிரொளிப்படைகிறது.

இரு முப்பட்டகங்களின் கர்ணங்கள் சேர்ந்த பகுதியில் காற்று மென்படலம் இருக்கும். அப்பகுதியில் இவ்வாறு ஒளி முழு அக எதிரொளிப்படைகிறது

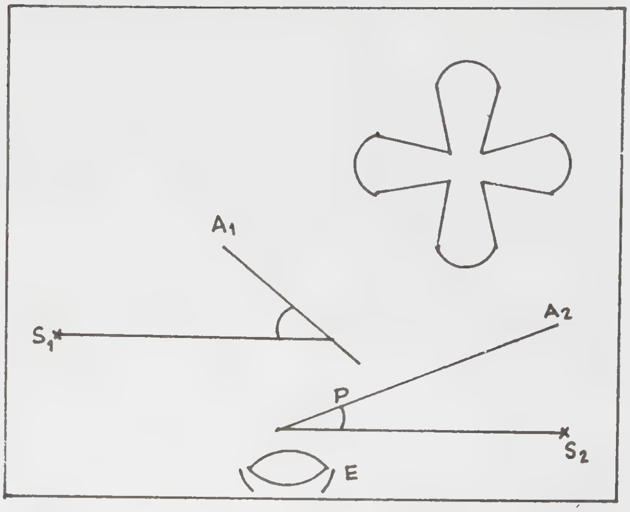
மைய ஒளிக்கற்றைகள் நேராகச் செல்லும்போது பிற கதிர்கள் தொடக்க ஊடகத்திலேயே பின்னோக்கிச் செல்கின்றன. திரையின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து வரும் ஒரு கதிர் (கதிர் 2), p_3 இன் மையப்பகுதி வழியே கடந்து விலகல் அடையாமல் சென்று கண்ணருகு கருவி E_1 இன் பார்வைப் புலத்தின் மையப் பகுதியை ஒளியூட்டும். திரையின் அதே பக்கத்திலிருந்து வரும் கதிர்கள் 1-ம் 3ம், p_3 இன் கண்ணாடி - காற்றுப் பகுதியில் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட மிகுக் கோணத்தில் விழுந்து முழு அக எதிரொளிப்பனடகின்றன மாறாகத் திரையின் மறுபக்கத்திலிருந்து வரும் கதிர்கள் 4ம், 6ம், p_3 இல் முழு அக எதிரொளிப்படைந்து, கதிர் 2க்கு இணையாகச் சென்று E_1 இன் பார்வைப் புலத்தின் வெளிப்பகுதியை ஒளியூட்டும்.

E_1க்கு அருகில் இருக்கும் கண் S_1 இலிருந்து வரும் ஒளியால் உள்வட்டத்தையும், S_2 விலிருந்து வரும் ஒளியால் வெளி வளையத்தையும் ஏற்படுத்துகின்றன. இதேபோலக் கண்ணருகு கருவி E_2 கதிர்கள் 1, 5 மற்றும் 3ஐ ஏற்பின், S_2 இலிருந்து வரும் ஒளியால் உள்வட்டமும் S_1 இலிருந்து வரும் ஒளியால் வெளிவளையமும் தோன்றும். S_1 S_2 நிலைகளைச் சரி செய்து இருவட்டங்களுக்கும் இடையே உள்ள பிரிவை மறையச் செய்யவேண்டும். இம்மாற்றம் திடீரென ஏற்படுவதாகும். எனவே சரிசெய்தல் சற்றுக் கடினமாகும். சரியான, சரியற்ற பார்வைப் புலன்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. p இலிருந்து S_1 S_2 இன் தொலைவுகள் முறையே d_1, d_2 எனில்

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{d^2_1}{d^2_2}$$ ஆகும்.

இமைத்தல் முறை ஒளிஅளவி மேலே குறிப்பிட்ட முறைகள் வெவ்வேறு வண்ணங்களை உடைய ஒளி மூலங்களை ஒப்பிடப் பொருத்தமற்றவையாகும். இதற்கு இமைத்தல் முறை ஒளிஅளவு பயன்படுகிறது. A_1 என்னும் நிலையான திரையில் மக்னீஷியம்கார்பனேட் போன்ற நன்கு விரவலடையச் செய்யும் பொருள் தடவப்பட்டுள்ளது. இது ஒளிமூலம் S_1இலிருந்து வரும் ஒளியை ஏற்கிறது. மேலும் இதை Eயில் உள்ள கண்ணுக்கு எதிரொளிக்கிறது. A_2 என்னும் மற்றொரு திரையிலும் மக்னீசியம் கார்பனேட் தடவப்பட்டுள்ளது. இதில் விழும் ஒளிக்குச் சமகோணத்திலிருக்குமாறு A_1, A_2 இவை சரிசெய்யப்பட்டுள்ளன.

சிலுவை வடிவ அமைப்பைக் கொண்ட திரைA_2 ஒளி மூலம் S_2 ஆல் ஒளியூட்டப்படுகிறது. மேலும் A_2 Pஎன்னும் அச்சைப் பற்றிச் சுழலுகிறது. இது மாறாத விரைவில் சுழலுமாயின், E இல் உள்ள கண் S_1, S_2 இலிருந்து வரும் ஒளியை மாறி மாறி ஏற்கிறது. குறைந்த வேகத்தில், வண்ணத்துக்கு ஓர் இமைத்தலும் வலிமைக்கு ஓர் இமைத்தலும் ஏற்படும். உயர் வேகத்தில் வண்ண இமைத்தல் மறைகிறது. தற்போது



இரு ஒளி மூலங்களின் தொலைவுகளைச் சீர் செய்து வலிமை இமைத்தலை மறையச் செய்ய வேண்டும். இவ்விரு ஒளி மூலங்களின் தொலைவுகள் d_1,d_2 இவற்றை அளப்பதன் மூலம் ஒளி விளக்கங்களை ஒப்பிடலாம்.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{d^2_1}{d^2_2}$$

ஒளிமின் ஒளிஅளவி. சில உலோகங்கள், குறிப்பாகக் கார வகையைச் சேர்ந்த உலோகங்கள், தம் மீது ஒளிவிழும்போது எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன. இதற்குப் படு ஒளியின் அதிர்வு எண் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மிகுதியாக இருக்க வேண்டும். இம்மதிப்பு ஒளிவிழும் பரப்பைச் சார்ந்ததாகும். ஒளிமின் கலத்தில் குழிந்த வெள்ளித்தளம் உள்ளது. இதில் சீசியம் போன்ற பொருள் தடவப்பட்டுள்ளது. இதற்கு முன்பாக ஒரு நிக்கல் நேர்மின் தகடு உள்ளது. இவை வெற்றிடக் கண்ணாடிக் குமிழுக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னோட்டம் மிகவும் சிறிதளவே இருக்கும். ஆனால் கலம் ஆர்கான் போன்ற மந்த வளிமத்தால் குறை அழுத்தத்தில் நிரப்பப்படுமாயின் மின்னோட்டத்தில் குறிப்பிடத்தக்க உயர்வைக் காணலாம். எலெக்ட்ரான் குழாய் பெருக்கியைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தை மேலும் உயர்த்தலாம். நேர்மின் தகட்டுடன் வெள்ளித்தளத்திற்கு இடையே தக்க மின்னழுத்த வேறுபாட்டைச் செயல்படுத்தித் தளத்தில் ஒளியை விழச்செய்ய மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. மின்னோட்டம் படுகதிர்வீச்சின் வலிமைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். இரு ஒளி மூலங்களின் ஒளி விளக்கங்களை ஒப்பிட ஒளிக்கலத்திலிருந்து குறிப்பிட்ட தொலைவில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக ஒளிமூலங்களை வைத்து மின் கலத்தின்

மின்னோட்டத்தை அளக்கவேண்டும். மின்னோட்டங்களின் விகிதமே ஒளிவிளக்கங்களின் விகிதமாகும்.

இவ்வகையான ஒளி அளவிகளைக் கொண்டு ஒளியூட்டங்களை ஒப்பிடலாம். லம்மர்-ஃப்ரோடன் ஒளிஅளவிகளைக் கொண்டு விளக்குகளின் பயனுறு திறனை அளவிடலாம். லம்மர்-ஃப்ரோடன், புன்சன் ஒளிஅளவிகளைக் கொண்டு ஆடிகளின் எதிரொளிப்புத்திறன்களை (reflecting powers of mirrors) அளவிடலாம். மேலும் ஒளிஅளவி மூலம் ஒளிகடத்து எண்களையும் (transmission co-efficient) கணக்கிடலாம்.

- க. பொன்னம்பலம்

ஒளி ஆவர்த்தனம்

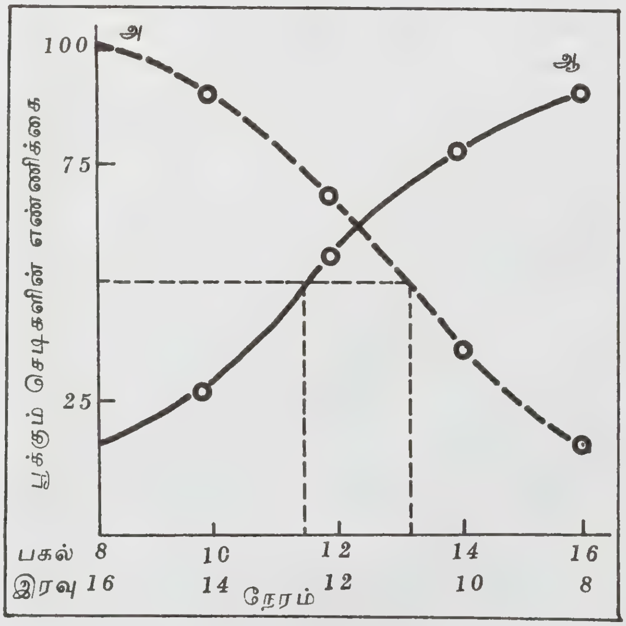
தாவரங்கள் அனைத்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவிற்குத் தழை வளர்ச்சி (vegetative growth) அடைந்த பின்னர் இனப்பெருக்க வளர்ச்சி (reproductive growth) என்னும் இன்றியமையாத வளர்நிலையை அடைகின்றன. இவ்வளர்நிலைமாற்றச் செயலியல் நீண்டகாலமாகப் புலனாகாமல் இருந்தது. தாவரப் படிமலர்ச்சியின் உயர்நிலையில் இருப்பவையாகக் கருதப்படும் பூக்கும் தாவரங்களின் (angiosperms) இனப்பெருக்க உறுப்புகள் மலர்களேயாகும். பொதுவாகத் தாவரங்களில் பூத்தல் என்னும் நிகழ்ச்சி அவற்றின் மரபியலின் வழியேவரினும், ஒளிக்காலம் (photoperiod), வெப்பநிலை ஆகிய இரு புறக்காரணிகளும் (external factors) இதில் பெரும்பங்கேற்கின்றன. தாவரச் செயலியலில் ஒளி ஆவர்த்தனம் அல்லது ஒளிக்காலத்துவம் (photoperiodism) என்னும் பகுதி, தாவரங்களில் பூத்தல் தூண்டப்படுவதில் ஒளிக்காலத்தின் பங்கு பற்றி விளக்குகிறது.

கால மாறுபாடுகளால் ஒரு நாளின் பகற்பொழுதின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் தாவரங்களில் பூத்தலைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு கட்டுப்படுத்துகின்றன என்னும் உண்மையை முதன் முதலில் 1920 இல் கார்னர், ஆல்லர்ட் என்னும் அமெரிக்க அறிவியல் வல்லுநர்கள் விளக்கினர். இவர்கள் புகையிலை. சோயாமொச்சை ஆகிய தாவர ஆய்வுகளின் மூலம் ஒரு நாளின் பகல், இரவுப்பொழுதின் அளவு பெரும்பான்மையான தாவரங்களில் பூத்தலைத் தூண்டுவதில் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்க காரணியாக விளங்குவதை அறிந்தனர். இவ்வகையன ஒளிக்கால உணர்வு, ஒளி ஆவர்த்தனம் அல்லது ஒளிக்காலத்துவம் எனப்படுகிறது.

ஒளிக்காலத்துவத்தால் தாவர வகைப்பாடு. பூத்தல் தூண்டப்படுவதற்கு ஒருதாவரம் எவ்வளவு நேரம் பகற்பொழுதுக்கும் எவ்வளவு நேரம் இராப் பொழுதுக்கும் இலக்காக வேண்டும் என்பதை ஒளிக்காலம் என்றும், பொழுது வேறுபாடுகளுக்குத் தக்க தாவரங்களின் உணர்வை ஒளிக்காலத்துவம் என்றும் குறிப்பிடுவர். பூக்கும் தாவரங்களில் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒரு மாறுநிலை பகல் அளவு (critical day length) உண்டு. இதன் அடிப்படையில்தான் குறும்பகல் தாவரங்கள், நெடும்பகல் தாவரங்கள் என்று பிரிக்கின்றனர். மாறுநிலைப் பகல் அளவை அறுதியிட, நூறு ஆய்வுச் செடிகளை எடுத்து கொண்டு எவ்வளவு நேரத்தில் 50 செடிகள் மலருகின்றனவோ அதை 'அச்செடியின் மாறுநிலைப் பகல் அளவு எனலாம். ஓர் இனத் தாவரத்தின் குறிப்பிட்ட பகல் அளவு 10மணி என்றும் இரவு அளவு 14 மணி என்றும் கொள்ளலாம். அதாவது ஒளி 10 மணி நேரமும் எஞ்சியதற்கு இருளும் அச்செடிக்குத் தரப்படும். இச்சூழ்நிலையில் 50 செடிகளே மலரும். 8 மணி பகல் ஒளியும் 16 மணி இருளும் கொடுக்கும்போது அனைத்துச் செடிகளும் பூத்துவிட்டால் இதைக் குறும்பகல் இனம் என்பர். ஒளிக்கால உணர்வைப் பொறுத்துத் தாவரங்களை மூன்று தொகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்.

குறும்பகல் தாவரங்கள் (நெடுமிரவுத் தாவரங்கள்). இவை பூப்பதற்கு நாள்தோறும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்துக்கும் குறைவான பகற்பொழுது ஏறத்தாழ 12 மணிக்குக் குறைவாகத் தேவையாகும். எ.கா. புகையிலை, நெல், பருத்தி, டாலியா.

நெடும்பகல் தாவரங்கள் (குறுகிய இரவுத் தாவரங்கள்). நாள்தோறும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்துக்கும் மிகுதியாக (ஏறத்தாழ 12 மணிப் பகற்பொழுது) இருந்தாலே இவை பூக்கும். எ.கா. பார்லி, முள்ளங்கி, பட்டாணி, மக்காச்சோளம்.



பகல் சாராத் தாவரங்கள். இவ்வகைத் தாவரங்கள் அனைத்து ஒளிக்காலங்களிலும் பூக்கின்றன. எ.கா. தக்காளி, சூரியகாந்தி, வெள்ளரி.

ஒளிக்கால உணர்வும், பூத்தல் தூண்டப்படுதலும். தாவரங்கள் ஏற்புடைய ஒளிக்காலத்திற்கு இலக்காகும் போது இலைகள் உள்ளேற்கின்றன. இலைகள் நீக்கப்பட்ட தாவரத்தில் பொருத்தமான ஒளிக்காலம் எந்தவொரு விளைவையும் உண்டாக்குவதில்லை. போதிய ஒளி உணர்வைப் பெறுவதற்கு ஓர் இலையே தாவரம் முழுதும் பூத்தலைத் தூண்டுவதற்குப் போதுமானது என்றும் அறியப்பட்டுள்ளது. இலைகளால் உள்ளேற்கப்பட்ட ஒளி உணர்வு தாவரத்தின் நுனி அல்லது இலைகோண மொட்டுகளில் அதன் விளைவைப் பூக்களாக வெளிப்படுத்துகிறது. இலைகளால் உள்ளேற்கப்படும் ஒளியுணர்வு அவற்றில் ஓர் உயிர்வேதியியல் வினைமாற்றத்தை உண்டாக்கி, பூத்தலைத் தூண்டக்கூடிய ஒரு குறியாக மாற்றுகிறது. பின்னர் இது இலைகளிலிருந்து நுனி அல்லது பக்க மொட்டுகளுக்கு இடமாற்றம் செய்யப்பட்டு அங்கு பூமொட்டுகள் வளரத் தூண்டுகிறது. சைலக்ஜான் (chailachjan) என்ற அறிவியலார் இத்தகைய குறி தாவரங்களின் ஒரு ஹார்மோனைப் போன்று உள்ளது என்று கூறி, அதற்கு ஃபுளோரிஜென் என்று பெயரிட்டார். ஃபுளோரிஜென் ஹார்மோன் இருப்பதாகக் கருதப்படுகிறதேயன்றி, அது இதுவரை தாவரங்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு அதன் வேதியியற் பண்புகள் அறியப்படவில்லை.

ஒளிக்காலத்தைத் தவிர ஒளியின் அளவும் ஒளித் தரமும் (quality of light) பூத்தலைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. பொதுவாக ஒளிக்காலத்தில் தாவரம் இலக்காகக் கூடிய ஒளியின் அளவு மிகுந்தால் பூக்களின் எண்ணிக்கையும் மிகும். ஒளிக்கற்றையின் சிவப்பு நிறமே சிறந்த முறையில் பூப்பதைத் தூண்டுகிறது. மேலும் இச்செயலில் பச்சைநிறம் ஆற்றல் அற்றும் ஊதா நிறம் சிறிதளவு ஆற்றல் பெற்றும் உள்ளன. பூப்பதில் ஒளியுணர்வுக்காலச் செயல்கள் அனைத்துமே ஃபைட்டோக்ரோம் என்னும் நிறமித் தொகுதிகளின் மூலமாகவே நிகழ்கின்றன.

ஒளிக்காலத்துவம் தாவரங்களின் பூத்தலைத் தூண்டுகிறது என்னும் சிறப்புப் பணியைத்தவிர, இது தாவரங்களின் காலத்திற்குக் கட்டுப்பட்ட கால மாற்றங்களை உணரக்கூடிய காலங்காட்டும் உயிர்லயங்களில் (biorhythms) ஒன்றாகத் திகழ்வதும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

- தி. பாலகுமார்

ஒளி ஆற்றல்

இது பார்வையால் உணரக்கூடிய கதிர்வீச்சின் ஆற்றல் அல்லது ஒளியின் அளவு ஆகும். இவ்வொளி மின்காந்த அலைகளின் பண்புகளை ஒத்துக் காணப்படுகின்றது. பார்வையால் உணரக்கூடிய ஒளி 380 - 760 நானோமீட்டர் (nm) வரை அலைநீளத்தைக் கொண்டது. ஒளி ஆற்றல் இவ்வலை நீளங்களுக்குட்பட்ட பகுதியிலேயே அமைந்துள்ளது.

ஒளிமூலம் ஒரு நொடியில் உமிழும் ஒளி ஆற்றல் ஒளிப்பாயம் (luminous flux) எனப்படுகிறது. ஒளிப்பாயத்தின் அலகு லுமென் என்பதாகும். லுமென், திறனின் அலகு வாட்டுடன் (watt) தொடர்புடையது, 5.540×10^{-10}மீ. அலை நீளமுடைய பச்சை நிற ஒளியின் 621 லுமென் ஒரு வாட்டுக்குச் சமம். ஓர் ஒளி மூலம் அனைத்துத் திசைகளிலும் ஒளிப் பாயத்தைப் பரவச் செய்கிறது.

- ஜா. சுதாகர்

நூலோதி. Nelkon and Parker, Advanced Level physics, Arnold-Heineman Publishers, Fifth Edition, 1983.

ஒளி உட்கரு எதிர்வினை

அணுக்கருவில் பல புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் பிணைந்துள்ளன. எந்த ஒரு துகளும் அணுக்கருவை விட்டுப் பிரிந்து வெளியேற வேண்டுமென்றால், அது வெளி மூலத்திலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் (அதாவது அத்துகளின் பிணைப்பாற்றலுக்கு மேல்) உள்ள ஆற்றலை எவ்வாறேனும் பெற வேண்டும். அது வெளியிலிருந்து அணுக்கருவை நோக்கி வந்து அதோடு மோதும் வேறொரு துகளின் இயக்க ஆற்றலாகவோ மின்காந்த அலை ஆற்றலாகவோ இருக்கலாம். அணுக்கரு தன்னோடு மோதிய ஆற்றலை உட்கவர்ந்து தன் நிலையில் அமைதியிழந்து பிறகு சில துகள்களை உமிழ்கிறது. இந்நிகழ்ச்சியைப் பொதுவாக அணுக்கரு எதிர்வினை என்பர். அவற்றில் மின்காந்த அலைகள் அணுக்கருவோடு மோதி நிகழ்த்தும் எதிர்வினைகளை மட்டும் சிறப்பாக ஒளி உட்கரு எதிர்வினைகள் எனக் குறிப்பிடலாம். பெரும்பாலும் காமாக் கதிர்களே ஒளி உட்கரு எதிர்வினைகளை (photonuclear reactions) நிகழ்த்துகின்றன.

மோதும் காமாக் கதிரின் ஆற்றல் மிகும்போது அதன் அலைநீளம் அணுக்கருவின் விட்டத்திற்கு ஏறக்குறைய சம அளவை அடையப் பலவகை அணுக்கரு எதிர்வினைகள் நிகழ்கின்றன. அவற்றின் விளைவாக நியூட்ரான் அல்லது புரோட்டான் உமிழப்படுகிறது. சில சிறப்பு நிகழ்வுகளில் நிறைமிக்கவையான ஆல்ஃபா துகள், டிரிடியம் (tritium), டியுட்ரியம் (deuterium) போன்றனவும் அல்லது

மீண்டும் காமாக் கதிர் ஃபோட்டானும் உமிழப்படு கின்றன. 140 மிலியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டை விட MeV மிகுந்த ஆற்றலுள்ள காமாக் கதிர்கள் மோதும்போது பெரும்பாலும் காமாக் கதிர்களே மீண்டும் உமிழப்படுகின்றன. சில நேரங்களில் மீசான்களும் உமிழப்படுவதுண்டு. ஒளி உட்கரு எதிர்வினையில் இரு நிலைகள் உள்ளன. அணுக்கரு காமாக்கதிர் ஃபோட்டானை (hν) ஆற்றல் உள்ளது. ஏற்றுக்கொண்டு கூட்டு அணுக்கருவாக மாற்றமடையும் போது அது E = hν என்னும் கிளர்வாற்றலுடன் விளங்குகிறது. அடுத்த நிலையில் அந்தக் கூட்டு அணுக்கரு ஏதாவது ஓர் அணுத் துகளை வெளியிட்டுச் சிதைவடைகிறது.

கூலுமின் தடை (coulomb barrier) காரணமாக, பெரும்பாலும் இந்த ஒளி உட்கரு எதிர்வினையில் நியூட்ரான்களே வெளியிடப்படுகின்றன. அரிதாகச் சில நேரங்களில் புரோட்டான்கள் வெளியிடப்படுவதும் உண்டு.

நியூட்ரானை வெளியிடும் எதிர்வினைக்கு (அதாவது γ, n எதிர் வினைக்கு) எடுத்துக்காட்டு டியுட்ரான் அதாவது கன ஹைட்ரஜன் அணுக்கரு மீது காமாக் கதிர் பாய்ந்து நிகழும் எதிர்வினையாகும். டியூட்ரானின் பிணைப்பாற்றலுக்குச் சமமான (2.225 மி. எ. வோ.) ஆற்றலுள்ள ஒரு காமா கதிர் ஃபோட்டான் டியுட்ரான்மீது பாய்ந்தால் அந்த அணுக்கரு சிதைந்து ஒரு புரோட்டானாகவும் ஒரு நியூட்ரானாகவும் பிரிகின்றது.

$$_1H^2 + \gamma \longrightarrow {}_1H^1 + {}_0n^1$$

(γ, n) எதிர்வினைகளில் அணுக்கருக்களின் மீது விழும் காமாக்கதிர்களின் ஆற்றல்களுக்கேற்ப எதிர் வினையின் வாய்ப்பு கூடுகிறது.

(γ, n) எதிர்வினைகளிலிருந்து ஒவ்வொரு தனிமத்தின் அணுக்கருவிலுள்ள. நியூட்ரானின் பிணைப்பாற்றலைச் செய்முறையால் கணக்கிடலாம். ஓர் அணுக்கருவில் உள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும், அதிலுள்ள நியூட்ரானின் பிணைப்பாற்றலுக்கும் வரைபடம் வரைந்தால் நியூட்ரான் எண்ணிக்கை 28, 50, 82, 186 என இருக்கும்போது வரைபடத்தில் சிறப்பான கூர்முனைகள் காணப்படுகின்றன. இப்படத்திலிருந்து அணுக்கரு உள்ளமைப்பைப் பற்றிய உண்மைகள் அறியப்படுகின்றன.

சில நேரங்களில் இவ்வினைகளில் புரோட்டான்கள் வெளிவருகின்றன. அணுக்கருவின் மீது விழுந்த காமாக் கதிர் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் முழுதையும் அணுக்கருவிலுள்ள ஒரு புரோட்டானே எடுத்துக்கொண்டு அதைப் பிற அணுக்கருத்துகள்களுக்குப் பகிர்ந்து தருவதில்லை. பிறகு அந்தப் புரோட்டான் தானே வெளியேறிவிடுகிறது. கொள்கைக் கணக்கீடுகளின்படி மிகச்சில புரோட்டான்களே இவ்வகை நேரடி வெளியீட்டு முறையில் வெளியேறி (γ,p) எதிர் வினையை நிகழ்த்துகின்றன. இந்நிகழ்வுக்கு நேரடி ஒளி புரோட்டான் விளைவு என்று பெயர்.

அணுக்கருவின்மீது விழும் காமாக் கதிர்களின் ஆற்றல் 20 MeV அளவில் இருந்தால், அப்போது இரு நியூட்ரான்கள் அல்லது ஒரு நியூட்ரான், ஒரு புரோட்டான் வெளியாகின்றன. இவை முறையே (γ,2n), (γ,np) எதிர்வினைகள் எனப்படுகின்றன. இந்நிலையில் (γ,n), (γ,p) எதிர்வினைகள் நடைபெறுவது குறைந்து விடுகிறது.

சில எதிர்வினைகளில் அணுக்கருவின்மீது காமா கதிர் வீழ்ந்து அதன் விளைவாக ஆல்ஃபா துகள் வெளிவருவதுண்டு. எடுத்துக்காட்டாக, வெனேடியம் அணுக்கருவின்மீது காமாக் கதிர் வீழ்ந்து அதன் விளைவால் அந்த அணுக்கரு ஆல்ஃபா துகளை வெளியிட்டு ஸ்காண்டியமாக மாறுகிறது. இவ்வெதிர் வினையின் குறியீட்டு வடிவம்:

$$V^{51}\ (\gamma\ \propto)\ Sc^{47}$$

வெனேடியம் துண்டின்மீது 10.5 - 25 MeV ஆற்றல் கொண்ட காமா கதிர் படிப்படியாகச் செலுத்தப் படுகின்றது. ஒவ்வொரு முறையும் வெளிப்படும் துகள்களின் தன்மை, வினையின் வாய்ப்பு இவற்றை ஆராய வேண்டும். இச்செய்முறையிலிருந்து காமா கதிரின் ஆற்றல் 15.5 MeVக்கும் குறைவாக இருக்கும்போது, வினையின் விளைவாகப் புரோட்டான்கள் அல்லது நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன என்றும் 15.5 MeVக்கு மிகையாக இருக்கும்போது ஆல்ஃபா துகள் வெளியாகின்றது என்றும் அறியலாம். அணுக்கருவில் ஆல்ஃபா துகள்களின் உமிழ்வைத் தடை செய்யும் கூலும்தடையே காரணம் ஆகும். மேலும் இவ்வகை (γ,α) எதிர்வினைகள் நடுநெடுக்கை அணுநிறையுள்ள (medium weight nuclei) அணுக்கருக்களில் மட்டுமே பெரும்பாலும் காணப்படுகின்றன.

பொதுவாக அணுக்கருக்களில் ஆல்ஃபா துகள்கள் தனிக் குழுக்களாக இருப்பதில்லை. தன்மீது விழும் காமாகதிரின் ஆற்றல் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் இருக்கும்போது அந்த ஆற்றல் அணுக்கருவிலுள்ள அனைத்துத் துகள்களுக்கும் சமமாகப் பகிர்ந்தளிக்கப்படுகிறது. தக்க சூழ்நிலையில் நான்கு அணுக்கருத் துகள்கள் ஒன்றாகச் சேர்ந்துருகி ஆல்ஃபா துகள்களாக வெளியாகின்றன. கிளர்வுற்ற கூட்டு அணுக்கருவிலிருந்து இவ்வாறு ஆல்ஃபா துகள்கள் உமிழப்படும். இந்த இந்நிகழ்வு கதிரியக்க அணுக்கருக்களிலிருந்து ஆல்பா துகள்கள் உமிழப்படும் நிகழ்ச்சியைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது.

- மு. ஷேக்முஸ்தபா

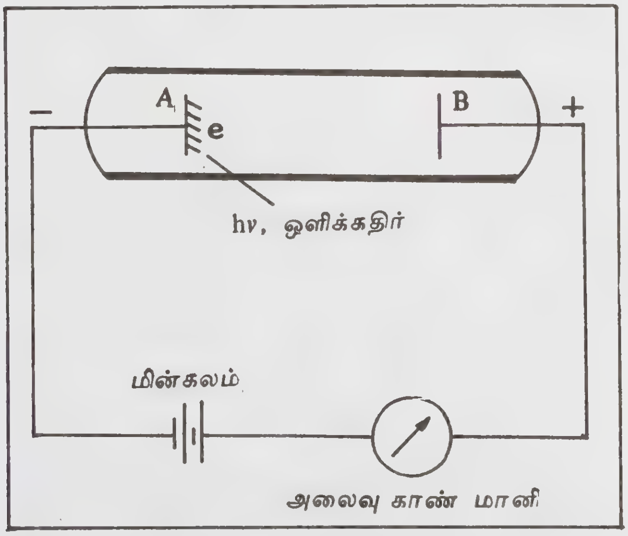
நூலோதி Kaplan, Irving; *Nuclear Physics*, Massachuiseffi; Addision-wesley, 1969; Srivastava B N., *Basic Nuclear Physics*, Pragati Prakashan, Meerut; Dyal.P and J.P. Hummel, '*Excitation Function for the* V^{51} (γ, $\propto$), Sc^{47} *Reaction*'' phy Rev. 115, 1264 (1959); E.D. Courant, *Direct Photo disintegration processes in Nuclei*, Phy. Rev. 82, 703 (1951).

ஒளி உணர்பொருள்

ஒளி அலைகள் சீசியம், ருபீடியம் போன்ற உலோகங்கள் மீது விழும்போது அந்த உலோகங்கள் எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கின்றன. அலை வடிவில் செல்லும் ஒளிக் கதிர்கள் பொருள்களிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் அளவுக்கு ஆற்றல் பெற்றுள்ளன என்பது இதனால் தெளிவாகிறது. எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டமே மின்னோட்டமாகும். இவ்வாறு ஒளி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றலாம்.

இதற்கு ஒளி உணர் பொருள்களே (light sensitive materials) முக்கிய காரணமாகும். படக்காட்சி, தொலைக் காட்சி, ஒளிமின்கலம், சூரிய மின்கலம், வேவுமணி முதலிய கருவிகள் இதன் பயனாகவே ஏற்பட்டன.

பிளாங்க் என்பவர் அதிர்வெண் உயர உயர ஆற்றல் உயர்வதை $E=h\nu$ என்னும் சமன்பாட்டால் விளக்கினார். E=ஆற்றல்; h=பிளாங்க் மாறிலி· ν=அதிர்வெண்.

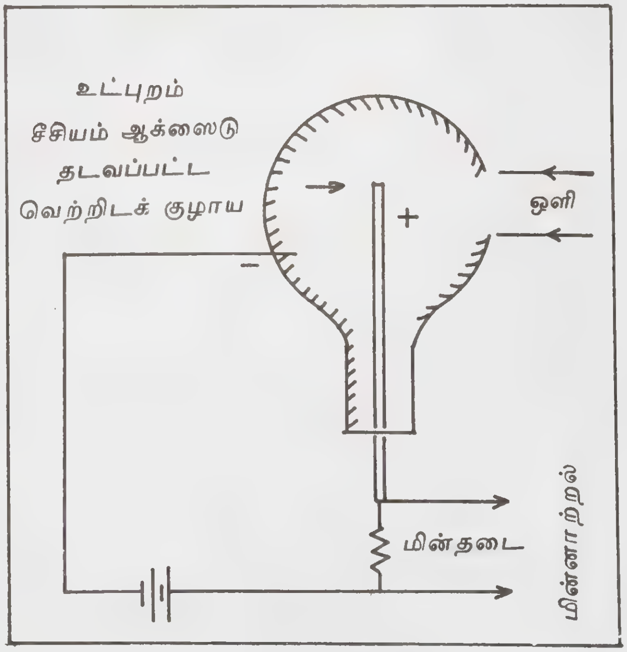


A=சீசியம் பூசப்பட்ட உலோகத்தகடு எதிர்மின்வாய்
B=தாமிரத்தகடு நேர்மின்வாய்.

ஒரு வெற்றிடக் குழாயில் இரு உலோக மின்முனைகளைப் பயன்படுத்தி அதன் வழி மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் வெற்றிடக் குழாய் வழியாக மின்னோட்டம் பாயாது. A என்ற எதிர் மின்வாய்த் தகட்டில் சீசியம் அல்லது சீசியம் ஆக்சைடு பூச்சு கொடுத்து அதன் மீது ஒளிக் கதிர்படுமாறு செய்தால் ஒளிக் கதிர் பட்டவுடன் எலெக்ட்ரான்கள் வெளி வரும். இந்த எலெக்ட்ரான்களை நேர்மின்வாய்த் தகடு இழுக்க மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும்.

படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைக் குறைத்துக் கொண்டே சென்றால் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்குக் குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட கதிர்களால் இந்த எலெக்ட்ரான்களை உலோகத்திலிருந்து வெளிக் கொண்டுவர முடியாது. இந்த அதிர்வெண்ணுக்கு வரை எல்லை அதிர்வெண் (threshold frequency) என்று பெயர். இதை ν_0 எனக் குறிப்பர். ஆற்றல் $E = h\nu_0$ ஆகும். பிளாங்க் இக்கருத்தைக் கொண்டு ஒளி, ஆற்றல் பெற்ற ஃபோட்டான்களாகச் செல்கின்றது, என்னும் குவாண்டம் கொள்கையைக் கூறினார்.

ஒரு குவாண்ட்டம் ஆற்றல் $E = h\nu$ ஆகும். வரை எல்லை அதிர்வெண் ν_0 தெரிந்ததிலிருந்து அந்த ஆற்றல் எதற்குப் பயன்படுகின்றது என ஆராய்ந்தபோது அந்த ஆற்றல் ($h\nu_0$) அந்த உலோகத்தின் மேல்மட்ட எலெக்ட்ரான்களை வெளித் தள்ளப் பயன்படுகிறது எனக் கண்டார். உலோகத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான் வெளித்தள்ளத் தேவையான ஆற்றலுக்கு வேலைச் சார்பு (work function) என்று



ஒளி மின்கலம்

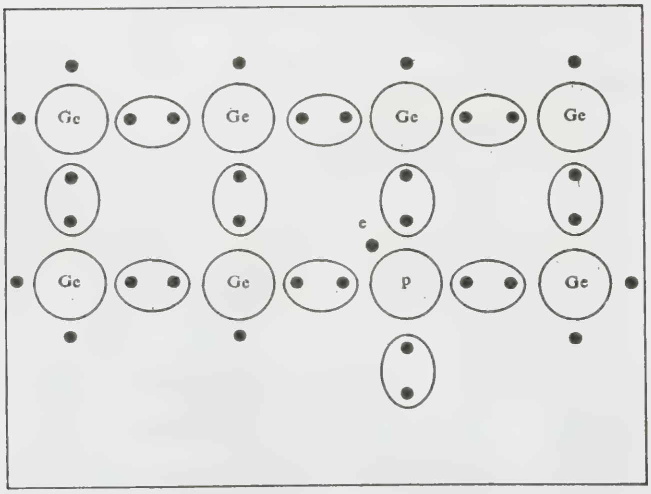
பெயர். இந்த அதிர்வெண்ணுக்கு மேல் உள்ள அதிர் வெண்கள் படும்போது கூடுதலான ஆற்றல் எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலாகச் செயல்படுகிறது.

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

ν = படுகதிரின் அதிர்வெண்; ν_0 = வரை எல்லை அதிர்வெண்; m = எலெக்ட்ரானின் நிறை; v = எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம்; h = பிளாங்க் மாறிலி. இத் தத்துவத்தின் மூலம் மின்னாற்றல் பெறப் பயன்படும் கருவிகள் ஒளி மின்கலங்கள் எனப்படும். இந்த ஒளி மின்கலத்தின் உதவியாலேயே படக் காட்சியைக் (cinema) காணமுடிகிறது. ஒளி மின் கலங்களில் எலெக்ட்ரான் உறிஞ்சும் ஒளி மின்கலம் (photo conductive cell) எலெக்ட்ரான் உமிழும் ஒளி மின்கலம் என இரு வகை உண்டு.

டிரான்சிஸ்டர். தற்போது டிரான்சிஸ்டர்கள் பல வகையிலும் பயன்படுகின்றன. சூரிய மின்கலங்கள் அனைத்தும் டிரான்சிஸ்டர்களைக் கொண்டே இயங்குகின்றன.

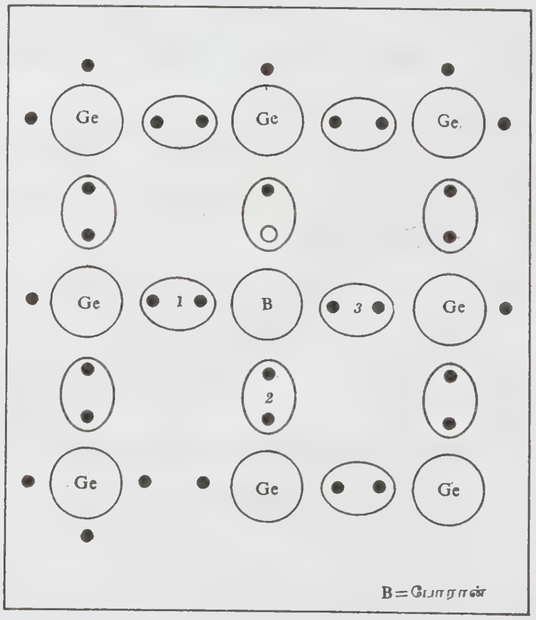
ஜெர்மேனியம், சிலிகான் ஆகிய இரு படிகங்களும் மின்னோட்டத்தை ஒரு பக்கமாகச்செலுத்தும். எதிர்ப்பக்கம் செலுத்தினால் மின்னோட்டத்தைத் தடை செய்யும். இப்படிகங்கள் ஒரு திசையில் தடையில்லாமலும் மறு திசையில் தடைப்படுத்தியும் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துவதால் இவற்றிற்கு டிரான்சிஸ்டர் (மாறுவழித்தடைப்படிகம்) எனப் பெயர் வந்தது. தன்னிச்சையாக இப்பயனைக் கொடுத்தால் அதற்குத் தன்னியல்புப் படிகம் (intrinsic crystal) என்று பெயர். இதன் பயனைப் பெருக்கப் பெருக்க அணுக்கூட்டுச் (doping) செய்யலாம். ஜெர்மேனியம், சிலிகான் இரண்டுமே



N வகை படிகம்

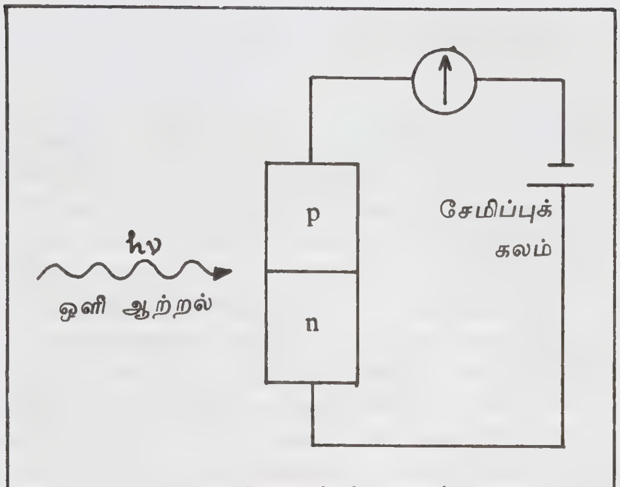
நான்கிணைதிறன் (tetravalent) கொண்டவை. இவ் வணுக்களில் உள்ள இந்த எலெக்ட்ரான்கள் சக பிணைப்புக் கொண்டுள்ளதால் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தத் தனி எலெக்ட்ரானோ, வேறு நேர்மின் வாய்த் துகளோ இல்லை. இந்த ஜெர்மேனிய அணுக்களுடன் ஐந்திணைதிறன், கொண்ட தனிமங்களான பாஸ்ஃபரஸ், ஆர்செனிக் ஆன்ட்டிமனி, போன்ற தனிமங்களின் சில அணுக்களைச் சேர்த்தால் ஓர் எலெக்ட்ரான் மிகுதியாகஇருக்கும். இது மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும். இவ்விதம் எலெக்ட்ரான் களைத் தரும் படிகத்திற்கு (donor type crystal) N படிகம்என்று பெயர்.

பாஸ்பரசுக்குப் பதிலாக மூவிணைதிறன்கொண்ட தனிமங்களான போரான், இண்டியம், கேலியம் போன்ற தனிமங்களின் சில அணுக்களை ஜெர்மேனிய அணுக்களுடன் சேர்த்தால் (10^8 ஜெர்மேனிய அணுவிற்கு ஒரு போரான்-அணு வீதம் சேர்க்க வேண்டும். அதில் ஒரு நேர்மின் துகள் மின்னூட்டம் உள்ள இடம் (positive hole) ஏற்படும். இம்மாதிரி உள்ள இடங்கள் எலெக்ட்ரானை ஏற்பதால் (acceptor crystal) இப்படிகங்களுக்கு p படிகங்கள் என்று பெயர்.



P வகைப் படிகம்

படிக மின்கலம். இவ்வகை PN இணைப்புப் படிகத்தில் ஒளி ஆற்றல் படும்போது எலெக்ட்ரான்கள் நகர வேண்டிய ஆற்றலைப் பெற்று மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துகின்றன. இம் மின்னோட்டத்தைக்



P.N. இணைப்புப் படிகம்

பொருள்கள்	ஒளி பட்டவுடன் கொடுக்கும் வண்ணம்
யோசின், எரித்ரோசின்	பசுமஞ்சள்
பைனா பிளவேஸ், ஆர்தோகுரோம்	பச்சை
இதைல் ரெட்	ஆரஞ்சு சிவப்பு
பைனாகுரோம்	ஆரஞ்சு
பைனாசையனோல், நாப்தா சையனோல்	சிவப்பு
கிரைப்டோ சையனின். நியோ சையனின்	அகச்சிவப்பு

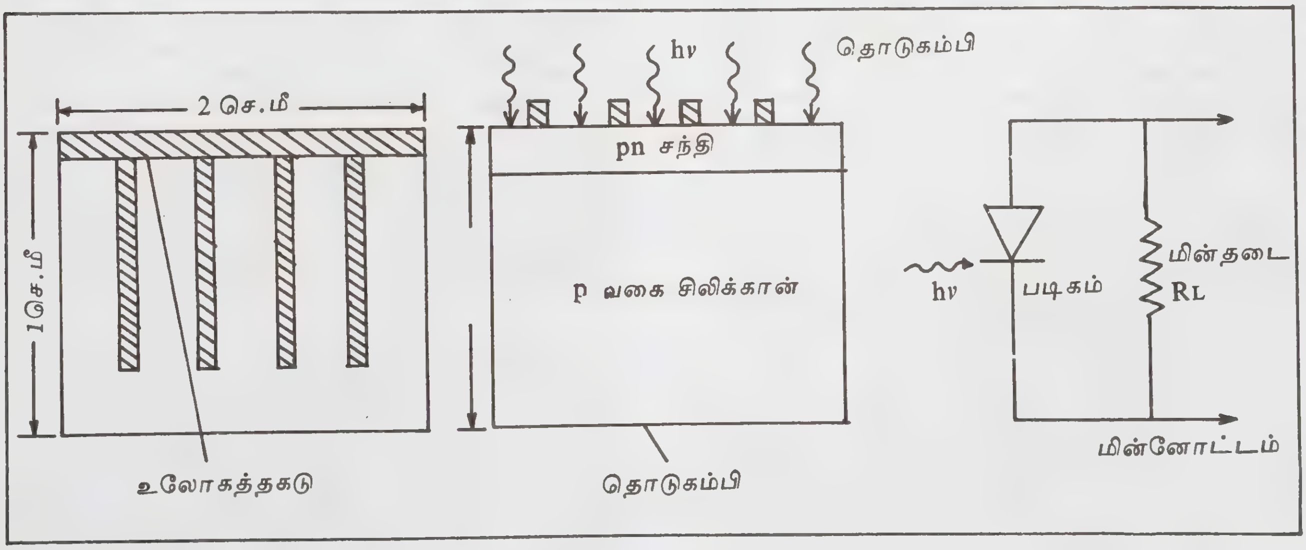
கொண்டு கருவிகளை இயக்க முடியும். சூரிய மின் கலம் அமைப்பு, படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது ஒளி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றும் கருவியாகும். மின்னாற்றலைக் கொண்டு பல்வேறு ஆற்றல்களைப் பெற முடியும்.

கட்புல ஒளியூட்டல் (photoluminescence) கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளி அலைகள் சில பொருள்கள் மீது பட்டுப் பல வண்ணங்களைத் தோற்றுவிக்கும். இவற்றிற்கு ஒளிர்தல் பொருள்கள் என்று பெயர். அவை பட்டியலில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒளிர்தல் (cathode luminescence) எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் சில பொருள்கள் மீது பட்டுக் கண்ணுக்குத் தெரிந்த அலைநீளங்களை (வண்ணங்களை) உண்டாக்கும். இதில் எக்ஸ், கதிர்கள், புற ஊதாக் கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள் முதலியன ஏற்படுத்தும் ஒளிர்தலும் அடங்கும்.

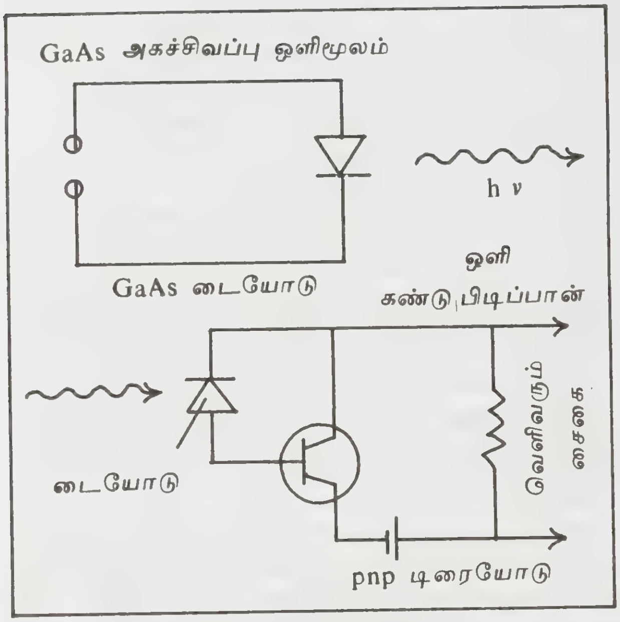
துத்தநாகசல்ஃபைடு, துத்தநாக ஆர்தோசிலிகேட் முதலியன இத்தகைய கதிர்கள் படும்போது பசுமையான அல்லது பசுமை கலந்த நீல நிறத்தைத் தோற்றுவிக்கும்.

கதிர்வீச்சுக் கதிர் ஒளிர்தல். (radioluminescence) ஆல்ஃபா, பீட்டா துகள்களும், காமாக் கதிர்களும் யுரேனியம், ஆக்ட்டினியம், தோரியம் முதலிய தனிமங்களால் உமிழப்படுகின்றன. அத்துகள்கள் ஒளி உணர் பொருள்களில் பட்டு ஒளிப் பொட்டாகத் தெரியும். இதைக் கொண்டு துகள்களின் வருகையையும் அதன் எண்ணிக்கையையும் கூற முடியும். இத்தகைய ஒளிர்தலுக்குக் கதிர்வீச்சுக் கதிர் ஒளிர்தல் என்று பெயர்'



அ. சூரிய மின்கல மேல்தோற்றம் ஆ. பக்கத் தோற்றம். இ. சமமான சுற்று

மின்புல ஒளிர்தல். (electroluminescence) மின் புலத்தாலோ அல்லது மின்னோட்டத்தாலோ ஒளி யலைகளைஉண்டாக்கினால் அது மின்புல ஒளிர்தல் ஆகும். கேலிய ஆர்செனைடு டிரான்சிஸ்டரைக் கொண்டு அகச்சிவப்புக் சதிர்களை உண்டாக்க முடி யும். இது மின்புல ஒளிர்தல் ஆகும்.



அகச்சிவப்பு ஒளிமூலம்

நின்றொளிர்தல் எக்ஸ் கதிர், ஒளிக்கதிர் முதலியன, சில பொருள்கள் மீது பட்டுக் கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒரு குறிப்பிட்ட வண்ணத்தைக் கொடுக்கும். அந்த வண்ணம் (ஒளியலை) அந்தந்த உலோகத்திற்கு மட்டும் உரியதாகும். வெளிக்கதிர் படும்போது மட்டும் ஒளியைக் கொடுத்தால் அதை உடனொளிர் தல் (flourescence) என்றும், வெளிக் கதிர்பட்டு நின்ற பிறகும் ஒளிர்தலைக் கொடுத்துக் கொண்டே யிருந்தால் அதை நின்றொளிர்தல் (phoshporescence) என்றும் கூறலாம். ரேடியம் போன்ற பொருள்கள் நின்றொளிர்தலைக் கொடுப்பது கருதத்தக்கது.

பயன்கள். ஒளி உணர் பொருள்களின் உதவியால் ஒளிப்படக் காட்சி, தொலைக்காட்சி, வேவுமணி (Burglaus Alarm) முதலியவற்றை நுகர முடிகிறது. மருத்துவத்துறையில் எக்ஸ் கதிர் கொண்டு எலும்பு முறிவு முதலியவற்றைப் படம்பிடித்துக் காட்டவும், நோய்களை நீக்கவும் இப்பொருள்கள் பயன்படு கின்றன. இரும்புத் தூண்கள் போன்றவற்றை வார்ப்பிடும்போது அவற்றில் விரிசல்க்ள் முதலியன உள்ளனவா எனப் பார்க்க எக்ஸ் கதிர்களை அவற்றின் மீது செலுத்தி ஒளிர்தல் திரையில் பட மிட்டுப்பார்த்து அறியலாம்.

- வே. கிருஷ்ணமூர்த்தி

ஒளி உணர்வுத் திறன்

உயிரினங்களில் அன்றாட வாழ்க்கைக்கு மிகவும் முக்கியமான செயல்களில் ஒளி வேதியியல் செயல் களும் ஒன்றாகும். இச்செயல்களைத் தாவரங்களில் இயற்கையாகக் காணப்படும் நிறமிகளே ஊக்குவிக் கின்றன. சான்றாகப் பச்சையம் கரோட்டீன் ஒளிச் சேர்க்கையிலும் ஒளி இயக்கங்களிலும் பங்கு பெறுவ தைக் குறிப்பிடலாம். கரோட்டீன்கள்-புரோட்டீன் கூட்டு நிறமிகள் பார்வையிலும் ஒளி இயக்கங்களிலும், ஒளி இடப்பெயர்ச்சி (phototaxis) மற்றும் ஃபைட்டோ குரோம் தாவரங்களின் ஒளி அமைப்புத் தோற்று வாயைக் (photomorphogenesis) கட்டுப்படுத்து கின்றன. இவை சாதாரண ஒளி உயிரியல் செயல்கள் ஆகும். மேலும் செயலில்லாத (non physiolog:ca') ஒளிச்செயல்கள் உயிரின மண்டலங்களைத் தாக்கக் கூடும். பெரும்பாலான செல்கள் கட்புலன் ஒளியால் (visible light) தாக்கமுறுவதில்லை இதற்குக் காரணம் இச்செல்களிலுள்ள மூலக்கூறுகள் கட்புலன் ஒளி அலை வரிசைசளை ஈர்க்காமையே ஆகும்

ஒரு சில தாழ்நிலைத் தாவரங்கள் மட்டுமே ஒளி உணர்வுதிறனைக் (photo sensitivity) காட்டக் கூடியவை. சிவப்புக் கண்புள்ளி (stigma) கசை இழை களால் நீந்திச் செல்லும் ஒரு செல் பாசிகளில் காணப் படுகின்றது. இவை இவற்றின் ஒளி உணர்திறனால் இயங்குகின்றன என்று கருதப்படுகிறது. இச்சிவப்புப் புள்ளிகள் வட்டவடிவமாகவோ, நீண்ட கோடாக வோ, புள்ளி போன்றோ காணப்படுகின்றன. பல வற்றுள் பச்சையம் அல்லது பிற நிறமிகளின் கீழே அமைந்துள்ளன. யூக்ளினா என்னும் ஒரு செல் உயிரியில் இது நிறமிகளின் வெளிப்புறமாகக் கசை இழை இணைப்புக்குக் கீழே காணப்படுகிறது. அவற்றில் ஒளி உணர்வு நிறமியாகக் கரோடீனாய்டு என்னும் வகை, பொதுவாகக் காணப்படுகிறது.

லூடின், கிரிப்டோசாந்தின், பி. கரோடீன் என்பவையும் இவ்வகை நிறமிகளேயாகும். யூக்ளினா வில் ஆய்டாசாத்தின் என்னும் ஆரஞ்சு-சிவப்பு வண்ண நிறமிகள் கொழுப்புகளில் கரைந்து சிறு சொட்டு களாகக் காணப்படுகின்றன. கிளாமிடோமோனஸ் என்னும் உயிரிகளில் இப்புள்ளிகள் இரண்டு அல்லது மூன்று வரிசையாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் செயல்முறை இதுவரை தெளிவுபடுத்தப்படவில்லை.

அண்மைக்கால ஆய்வு மூலம் ஒளி உணர்வு ஊக்கி கள் (photosensitizers) முன்னிலையில் உயிரினங்கள், செல்கள், உயிர்வேதியல் கூறுகள் பார்வை ஒளியை உறிஞ்சி, பழுதடைவதாகக் கண்டறிந்துள்ளனர். இவ்வாரய்ச்சியைத் தொடங்கியவர் ஆஸ்கார் ராப் என்பார் ஆவார். இவர் அக்ரடைன் என்னும் வேதிப் பொருளால் உணர் ஊக்கிவிக்கப்பட்ட பரமேசியம் என்னும் உயிரினம், கட்புலன் ஒளி

பட்டவுடன் இறந்து போனதை 1900 இல் கண்டறிந்தார். இதை அடிப்படையாகக் கொண்டு அண்மையில் பல வேதிப் பொருள்கள் ஆராயப்பட்டு அவற்றை மருத்துவம், தொழில், வேளாண்மை, வீடு இவற்றில் பயன்படுத்தத் தொடங்கியுள்ளனர். இவ்வேதிப் பொருள்கள் மனித உடலினுள் புகுந்து ஒளி உணர்வால் ஊக்குவிக்கப்பட்டு, திசுக்களுக்கு ஊறு விளைவிக்கும்.

பொதுவாக 320 க்கு மிகையாக உள்ள ஒளி அலைவரிசைகளே ஒளி உணர்வு- தூண்டும் அலைகளாகும். புரோட்டீன்கள், நியுக்ளிக் அமிலங்கள் ஆகியவை குறு அலை வரிசைகளை ஈர்க்கும். ஒளி உணர்-ஊக்கிப் பொருள்களை உயிரியலார் சாயங்கள் என்பர். ஆனால் இவற்றை வண்ணம் ஏற்றும் சாயங்களாகக் கருதக் கூடாது. இம் மூலக்கூறுகள் ஒளி-ஈர்ப்பின் காரணமாக நீழ் வாழ்வாற்றல் செறிவு கொண்ட மூன்றாம் நிலையை (triplet) அடைகின்றன.

இவ்வேதிப் பொருள்களைக் கொண்டு உயிரியலில் பல ஆய்வுகள் நடந்துள்ளன. பல விலங்கின வைரஸ்கள் இவ்வேதிப் பொருள்கள் மூலம் செயலற்ற நிலைக்குக்கொண்டு செல்லப்படுகின்றன என்று கண்டறிந்துள்ளனர். முயலின் தோலில் வாக்சீனியா (vaccinia) வைரஸ் மூலம் தோன்றிய கொப்புளத்தின் மீது, மெத்திலீன் நீலம் என்னும் சாயத்தைத் தேய்த்து ஒளியூட்டினால் அக்கொப்புளம் வடிந்து விடுகின்றது. அதாவது மெத்திலீன் நீலம் வைரஸைச் செயலற்ற தாக்கி விடுகிறது. பல செல் விலங்கினங்களிலும் இவ்வித மாற்றத்தைக் காணலாம். ட்யூபிஃபெக்ஸ் என்பது ஒரு நீர்ப் புழுவாகும். இது ஆக்சிஜன் மற்றும் ஒளியைத் தவிர்க்கக் கூடியது. இப்புழுவை மிகு வெளிச்சமான, ஆக்சிஜனோடு கூடிய சூழ் நிலையில் வைத்தால் உடனே அது இறந்துவிடும்.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஒளி உயிரியல் விளைவு

உயிரிகளுக்குத் தேவையான ஆற்றல் சூரிய கதிரியக்கத்திலிருந்து கிடைக்கிறது. பசுமையான தாவரங்களின் உணவு தயாரிப்பில் சூரிய ஒளியே அடிப்படையாகவுள்ளது. இதற்கு ஒளிச்சேர்க்கை (photosyn-thesis) என்று பெயர். கண்ணுக்குப் புலனாகும் வானவில்லின் ஏழு நிற ஒளிக்கற்றையைத் தவிரப் பலவகை ஆற்றல் மிக்க கதிர்கள், வெப்ப அலைகள், பொறிகள், மின்காந்த அலைகள் ஆகியனவும் சூரியனிடமிருந்து வெளிப்படுகின்றன. மின்காந்த நிறமாலையின் மையப் பகுதிக்கு அருகே உள்ள மூன்று பகுதிகளான-புற ஊதாப்பகுதி கண்ணுக்குப் புலனாகும் நிறமாலை ஒளிப்பகுதி அகச்சிவப்புப்பகுதி ஆகியவற்றில் உயிரியல் வல்லுநர்கள் பெரும் ஆர்வம் காட்டுகின்றனர்.

இம்மூன்று பகுதிகளுள் அலை நீளம் மிகுந்த அகச்சிவப்புப் பகுதி மனிதன் கண்ணுக்குப் புலனாகாது. இதுவே புவியின் வளி மண்டலத்தை வெப்பமாக்கப் பயன்படுகிறது. கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளி 390-700 மில்லி மைக்ரான் (நானா மைக்ரான்) நீளமுடையது. இதுவே நிறமாலையில் காணப்படும், ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, சிவப்பு ஆகிய நிறங்களுக்குக் காரணமாகும். ஒளி, உணவுச்சேர்க்கைக்கும் தாவர, விலங்கு பரவுகை நிலை கொள்ளுதல் (orientation), அவற்றின் நிகழ் ஒழுகுதல் (rhythmic behaviour), விலங்குகளின் உயிர் ஒளி (bioluminescence) அவற்றின் காலமுறை நிகழ்வுகள் ஆகிய செயல்பாடுகளுக்கு அடிப்படையாக உள்ளது. விலங்குகளின் வலசை (migration), அவற்றின் ஒளி சார் காலமுறை நிகழ்வுத்தன்மை (phto-periodism) ஆகியவற்றிக்கும் ஒளி உணர்வு இன்றியமையாததாகும். இதனால் விலங்குகளின் ஒளி உணர் புலனுறுப்பிகள், குறிப்பாகக் கண்கள் போன்றவை, எளிய சிறிய தனிக் கண்களாகவோ (ocelli), கூட்டுக் கண்களாகவோ (compound eyes) உருப்பெற்றுச் செயல்படுகின்றன.

தாவரங்களில் ஒளி விளைவுகள். ஒளி ஆற்றல் தாவரங்களின் பல்வேறு வாழ்க்கை நிலைகளை நேரிடையாகவோ, மறைமுகமாகவோ பாதிக்கிறது. இதனால் அவற்றின் கட்டமைப்பு உருவம், செயல்பாடுகள், வளர்ச்சி, இனப்பெருக்கம், பரவுகை போன்றவை வேறுபடுகின்றன. சூழலியல் வல்லுநர்கள் தாவரங்களை நிழல் விரும்பும் தாவரங்கள் (ஒளி விரும்பாதவை) அல்லது குறை ஒளி விரும்பும் தாவரங்கள் எனவும், மிகு ஒளி விரும்பும் தாவரங்கள் எனவும் இருவகையாகப் பிரித்துள்ளனர். பச்சைய (chlorophyll) ஆக்கம், அமைப்பு, நிலை, எண்ணிக்கை அல்லது அளவு ஆகியன தாவரங்கள் பெறும் ஒளியின் அளவுக்கு ஏற்ப வேறுபடுகின்றன. இப்பசுமைத் தாவரங்கள், பச்சையத்தினால் ஒளிச்சேர்க்கையின் மூலம் சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றி ஊட்டப் பொருள்களில் (சர்க்கரைப் பொருள்கள்) சேமித்துவைத்து விலங்குகளுக்கு உணவாக அளிக்கின்றன. இவ்வாறு தாவரங்கள் ஆற்றல் மாற்றம் செய்வதால் சூழியல் அமைப்புகளில் முதல்நிலை ஆக்கிகளாக (primary producers) விளங்குகின்றன. இவ்வேதி ஆற்றல் ஊட்டப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் வேதிப் பிணைப்புகளில் சேமிக்கப்பட்டு அனைத்து உயிரிகளுக்கும் பயன்படுகின்றன.

இடையறாது கிடைக்கும் ஒளியைவிட இடையறு ஒளியில் (intermittent light) ஒளிச்சேர்க்கை பெருமளவில் நடைபெறுகிறது. அளவுக்கு மேலான ஒளியால் பச்சையத்திலும் பிற நொதிகளிலும் ஆக்சிஜனேற்றம் நிகழ்கிறது. அதனால் ஒளிச்சேர்க்கையால் கிடைக்கும் ஊட்டச்சத்தின் அளவு குறைகிறது, ஆனால் அக்காலங்களில் ஆந்த்தோசயனின்

என்னும் நிறமிகள் உண்டாகின்றன. ஒளிமிகுதியால் தாவரங்களில் ஆக்சின் எனப்படும் வளர்ச்சி ஹார்மோனின் அளவு குறைகிறது. அதனால் தாவரங்களின் வளர்ச்சி வீதமும் மாறுபடும். போதுமான ஒளி இல்லாத இடங்கள் அல்லது இருளில் உள்ள தாவரங்கள் வளர்ச்சி ஹார்மோனைப் பெருமளவில் சுரக்கின்றன. அதனால்தான் அவை வெளுப்பான நீண்ட வளைவற்ற தண்டுகள் பெற்றுக் குறைவான இலைகளுடன் காணப்படுகின்றன. சில கூட்டு வேதிப் பொருள்கள் ஒளியினால் பாதிப்படைவதால் தாவரங்களின் சில திசுக்களும், சில உறுப்புகளும் மாறுபாடுகளுக்கு உள்ளாகின்றன. ஒளி மிகுவதால் இலையின் அமைப்பு, குறிப்பாக அவற்றின் கடினத்தன்மை மிகுதியாகிறது. மேலும் ஒளியின் அளவிற்கும், பூக்கள், பழங்கள், விதைகள் ஆகியவற்றின் ஆக்கத்திற்கு மிடையே நெருங்கிய தொடர்புள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, குறைந்த விரவிய ஒளி (diffused light) பெறும் தாவரங்களில் தண்டுப்பகுதி நன்கு வளர்ச்சி அடைகிறது. மேகங்கள் நிறைந்த கார்காலம்-காரட், உருளை, பீட்ரூட், டர்னிப் போன்றவற்றின் வளர்ச்சிக்கு ஏற்ற காலமாகும். பல தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கும், பூக்கும் தன்மைக்கும், ஒளி இருள்கால அளவு (light dark period) இன்றியமையாததாக உள்ளது. இதன் காரணமாகத் தாவரங்களை மூன்று பிரிவுகளாகத்-தொகுத்துள்ளனர். அவையாவன:

மிகு பகற்பொழுதுத் தாவரங்கள். இவை ஒரு நாளின் 24-மணி நேரத்தில், 12 மணிக்குமேல் பகலாக உள்ள காலங்களில் பூக்கும் தாவரங்களாகும் (முள்ளங்கி, உருளைக்கிழங்கு).

குறு பகற்பொழுதுத் தாவரங்கள். இவை ஒரு நாளின் 24-மணி நேரத்தில் 12-மணி நேரத்திற்குக் குறைவான பகற்பொழுதுடைய அதாவது இருள் காலம் 12 மணிக்கு மேல் இருக்கும் காலத்தில் பூக்கும் தன்மையுடையவை. (எ.கா. பருப்புவகைகள், புகையிலை).

சமபொழுதுத் தாவரங்கள். இவை 24-மணி நேரத்தில் பகல் இரவுக் கால அளவின் மாறுபட்டால் பெரிதும் தாக்கமடையாதவை. (எ.கா. தக்காளி) தற்காலக் கருத்துப்படி ஒளியுள்ள காலத்தை விட, ஒளியற்ற இருட்காலமே சிறப்புத்தன்மை பெறுகிறது.

முழுத்தாவரங்களோ அவற்றின் பகுதிகளோ ஒளியால் ஈர்க்கப்படுகின்றன. தண்டுப் பகுதி ஒளியை நோக்கிச் செல்லும் வேர்கள், இருளை நோக்கிச் செல்லும் நேர் ஒளி - ஈர்ப்புத்தன்மையும் (positive phototropism) எதிர் ஒளி - ஈர்ப்புத் தன்மையும் (negative phototropism) உடையன. முளைக்கும் விதைகளும் ஒளியால் தாக்கப்படுகின்றன. ஒளி, தாவரங்களில் சில மறைமுக விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றது, எடுத்துக்காட்டாக இலைத் துளைகள் திறந்து மூடுதல், சுவாச அளவு வேறுபடுதல், வளர்சிதை மாற்றவீதம் (metabolic rate) வேறுபடுதல் போன்றவற்றைக் கூறலாம்.

விலங்குகளில் ஒளி விளைவு. விலங்குகளின் வாழ்வில் ஒளி பல வகைகளில் தாக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதன் செயலாதிக்கம் (influence) செல்களில் நடைபெறும் வளர்சிதை மாற்றங்கள், வளர்ச்சி நிறத்துகளாக்கம் (pigmentation) இடப்பெயர்ச்சி, இனப்பெருக்கம் வாழ்க்கைச் சுற்று, பருவகால இடப்பெயர்வு (seasonal movement) வலசை போதல் உயிரியக் கடிகை (biological clock) ஆகியவற்றில் வெளிப்படும்.

உயிரிகளிலுள்ள அடிப்படைப் பொருளான புரோட்டோப்பிளாசம் என்னும் உயிர்ப்பொருள் பல புறப்பாதுகாப்பு அமைப்புகளுடன் செல்களாக உருப்பெற்றிருந்தாலும், மிகு ஒளி, செல்களைத் துளைத்துக் கொண்டு புரோட்டோப் பிளாசத்தில், மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. இதனால், புரோட்டோப்பிளாசத்தில் தூண்டுதல்கள், செல் செயல்பாடு மிகுதல், அயனிகளாதல், வெப்பமிடுதல் போன்றவை நிகழ்கின்றன, புற ஊதாக் கதிர்கள் பல உயிரிகளின் செல்களில் குறிப்பாக டிஆக்சிரிபோ நியூக்ளிக் அமிலம் (DNA) எனப்படும் மரபியல் பொருளில் திடீர் மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

விலங்குகளின் வளர்சிதை மாற்ற அளவும் ஒளியால் தாக்கப்படுகிறது. வரம்பிற்கு மேற்பட்ட ஒளி, நொதியின் செயல் திறனை உயர்த்திப் பொதுவாக வளர்சிதை மாற்றத்தின் அளவையும், உப்பு, தாதுஉப்புக்களின் கரைதிறனையும் பெருக்குகிறது. ஆனால் வளிம நிலையிலுள்ள பொருள்களின் கரைதிறன் மிகுதியால் குறைகிறது. ஒளி குன்றிய அல்லது ஒளியற்ற வாழுமிடங்களாகிய குகைகளில் வாழும் விலங்குகள் குறைந்த அளவு இயக்கமுடையவையாக இருப்பதற்கு அவற்றின் குறைவான வளர்சிதை மாற்றமே காரணமாகும். விலங்குகளில் வளர்ச்சியின் அளவு ஒளியால் கூடவோ, குறையவோ செய்யலாம்.

விலங்குகளில் நிறமிகள் அல்லது நிறத்துகளின் ஆக்கத்திற்கு ஒளி பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஒளி ஆற்றல், பல வேதிமாற்றங்களின் மூலம் நிறத்துகள்களைத் தோற்றிவிக்கிறது. குகைவாழ் விலங்குகள் நிறமற்ற நிலையில் உள்ளதற்கு ஒளியற்ற சூழ்நிலையே காரணமாகும். மேலும் இங்குக் காணப்படும் பார்வையற்ற, நிறமற்ற, இரு வாழ்விகள் (amphibians) மீன்கள் போன்றவற்றை, ஒளியுள்ள சூழ்நிலைக்கு மாற்றினால் அவற்றில் நிறமும், பார்வை புலனுறுப்புகளும் தோன்றுகின்றன.

உடலுக்கு நிறத்தைக் கொடுக்கும் நிறமிகள், சூழ்நிலையுடன் இயைந்த தன்மையைக் கொடுத்து

விலங்குகளை வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் வெற்றி பெறச் செய்து வாழ்நாளை அதிகரிக்க உதவுகின்றன. புவியின் பனிநிறைந்ததுருவப் பகுதிகளில் வாழும் சில பாலூட்டிகள் குளிர்காலத்தில் வெண்மையான தோலைப் பெற்றுள்ளன. ஆனால் இவற்றின் நிறம் கோடைக்காலத்தில் சூரிய ஒளியில் நிறத்துகள்களைப் பெற்றுப் பழுப்பாகிறது. வெப்பப்பகுதியில் வாழும் மனிதர்களின் நிறம் கருமையாக இருக்க அவற்றின் தோலில் உண்டாகும் மெலானின் (melanin) என்னும் நிறத்துகள் ஆக்கத்திற்கு ஒளி உதவுகிறது. ஒளியற்ற ஆழ்கடல் பகுதியில் வாழும் விலங்குகளில் நிறமிகள் காணப்பட்டாலும் பல வண்ணத்தன்மை இருப்பதில்லை.

சில விலங்குகளில் ஒளிக்கும், ஒளியால் அவ்விலங்குகளில் ஏற்படும் இயக்கங்களுக்கும் நெருங்கிய தொடர்புண்டு. ஒளியால் இவற்றின் வேகம் பாதிக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஒளிசார் இயக்கம் (photokinesis) என்று பெயர். யூக்ளினா போன்ற ஒரு செல் உயிரிகள் ஒளியை நோக்கி நிலை கொள்வதற்கு ஒளிசார்நாட்டம் (phototaxis) என்றும், மாறாக அதன் கசை இழை (flagellum) அல்லது குழி உடலிகளின் (coelenterates) நிலையான பாலிப்புகள் ஒளியை நோக்கி ஈர்க்கப்படுவதற்கு ஒளி ஈர்ப்புத் தன்மை (phototropism) என்றும் பெயர். வானிலுள்ள ஒளிவிடும் விண்மீன்களின் நிலைகளுக்கு ஏற்ப உயிரிகளின் நிலை கொள்ளும்தன்மையும் குறிப்பிடத்தக்கது.

பகல்-இரவுப் பொழுதில் நாள்தோறும் பருவ காலந்தோறும் அல்லது ஆண்டுதோறும் ஏற்படுகின்ற மாறுதல்களின் காரணமாக உயிரிகளின் செயல்முறை நடத்தை, துலங்கல் (responses) ஆகியவற்றில் தோன்றும் வேறுபாடுகள் ஒளி சார்ந்த காலவாரி நிகழ்வுகள் (photoperiodism) எனப்படுகின்றன. இதன் விளைவாகத் தாவரங்களில் பூக்கள் மலர்தலும், விலங்குகளில் இனப்பெருக்க இச்சை தோன்றுதலும். பறவைகளில் வலசை போதலும் நிகழ்கின்றன.

சில பருவங்களில் 24-மணி நேரம் கொண்ட ஒரு நாளில் பகல்-இரவு நேரக்கால மாறுபட்டால் சில பாலூட்டிகள் பறவைகளில் வலசை போதல் இனப்பெருக்கம் செய்தல், தோல், இறகு முதலியவற்றின் நிறம் மாறுதல் ஆகியவை நிகழ்கின்றன. இவை ஆண்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் தொடர்ந்து நடைபெறும் செயல்கள். இந்த விளைவுகளை மாறுபட்ட காலங்களில், செயற்கை ஒளியைக் கொண்டு தூண்டித் தோன்றச் செய்யலாம். இனப்பெருக்கத்திற்காக இளவேனிற்காலத்தில் பறவைகள் வடபுலத்தை நோக்கி வலசைபோவதற்கு முன்னர், அவற்றின் உடலில் குறிப்பாகஇனப்பெருக்க உறுப்புகளில் பல உடற்செயலில் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. இவற்றின் உடலில் பெருவளவில்கொழுப்பு சேமிக்கப்படுகிறது. குளிர்காலத்தில் செயற்கையாக ஒளிக்காலத்தைத் தோற்றுவித்துப் பறவைகளை வடபுலம் நோக்கி வலசை போகச் செய்யலாம்.

பல ஆய்வுகளிலிருந்து பருவகாலங்களில் ஏற்படுகின்ற உடற்செயல் மாற்றங்களுக்கும் அக்காலங்களில் உள்ள ஒளிக்கால அளவிற்கும் தொடர்பு உண்டு என்பது புலனாகிறது. குறைந்தது ஒன்பது மணி நேரப்பகற்பொழுது, இச் செயலைத் தூண்டத் தேவைப்படுகிறது. இந்தத் தூண்டல்பகற்பொழுது மிகுந்துள்ள நாள்களில் விரைவாகவும், பகற்பொழுது குறைந்துள்ள நாள்களில் மெதுவாகவும் உள்ளது. சிறிது சிறிதாக உயரக் கூடிய ஒளிக்கால விளைவைவிட நீண்ட பகற்பொழுதிற்கிடையே தோன்றுகின்ற இருள்கால விளைவு மிகுதியான தூண்டுதல்களைத் தோற்றுவிக்கிறது.

பெரும்பாலான பறவைகள், பாலூட்டிகள் சில முதுகெலும்பிகள் ஆகியவற்றில் குறிப்பிட்ட பருவ காலத்தில் மட்டும் இனப்பெருக்கம் நடைபெறும். செயற்கையாகப் பகல் நேரத்தை (ஒளிக்காலத்தை) தேவைக்கேற்ப மாற்றிப் பருவமிலாக் காலத்தில் கூட விலங்குகளில் இனப்பெருக்கச்செயல்களைதூண்டிவிட முடிகிறது. இயல்பாக இலையுதிர்காலத்தில் இனப்பெருக்கம் செய்யக்கூடிய விலங்குகளில் குறைவான ஒளிக்காலம் அல்லது குறைந்த பகற்பொழுதுடைய நாள்களைத் தொடர்ந்து நீண்ட பகற்பொழுது உடைய நாள்கள் சில வகை விலங்குகளில் வருவது பயனுடையதாக இருக்கும். இளவேனிற்காலத்தில் இனப்பெருக்கம் செய்யும் விலங்குகள் நீண்ட பகற்காலமுடைய நாள்களைக் குறுகிய பகற்காலமுடைய நாள்கள் பின் தொடர்தல் மிக்க பயன் அளிக்கும்.

தெற்குக் கோளத்திலிருந்து வடக்குக் கோளத்திற்கோ, வெப்பப்பகுதியிலிருந்து மித வெப்பப்பகுதிக்கோ எடுத்துச்செல்லப்பட்ட சில பறவைகளிலும் சில பாலூட்டிகளிலும் பகல்-இரவுக் கால வேறுபாடுகளின் பாதிப்புகள், உண்டாகின்றன. சில முதுகெலும்பற்ற விலங்குகளான, நத்தைகள் ஓட்டுடலிகள், பூச்சிகள் முதலியவற்றில் ஒளி-இருள் கால விளைவுகள் ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளன.

ஒளிக்காலத்தன்மைக்கும் இனப்பெருக்கச் சுற்றுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பை விளக்கப் பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. ஒளி பார்வைப் புலனுறுப்பாகிய கண்களில் தூண்டல்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. அவை மூளையை அடைந்து தனித்தன்மை வாய்ந்த ஹார்மோன்களைச் சுரக்கச் செய்கின்றன. இந்த ஹார்மோன்கள் மூளையின் அடிப்பகுதியிலுள்ள நாளிமில்லாச்சுரப்பியாகிய பிட்டியூட்டரியைத் தூண்டி ஹார்மோன்களைச் சுரக்கச் செய்கின்றன. இவை இனப்பெருக்க உறுப்புகளின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன. இங்கும் ஒளி உடைய காலத்தைவிட, ஒளியற்ற காலமே சிறப்புப் பெற்றுள்ளது.

ஒளி விளைவால் வெப்பம், ஊட்டத்தன்மை, உடலிலுள்ள அகக் காரணிகள் (internal factors) ஆகியன மாறுபடுகின்றன. அகக் காரணிகள் ஒவ்வொரு 24 மணி நேரமும் நாள் சார்ந்த நிகழ் ஒழுங்கைத்(daily rhythm) தோற்றுவிக்கின்றன. இது செர்க்கேடியன் நிகழ் ஒழுங்கு (cercadiam rhythm) எனப்படுகிறது. இது விலங்கு மிதவையங்களிலும் (Zoo-planktons), பல பூச்சிகளிலும் பெரும்பாலான பறவைகளிலும், சில பாலூட்டிகளிலும் காணப்படுகிறது. எனினும் சில சிறப்பினங்களைச் சேர்ந்த பறவைகள், பாலூட்டிகளின் இனப்பெருக்கச் சுற்றில் எவ்வகையான மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.

பகல்-இரவு நேர விளைவுகள் உயிரிகளில் நாள்தோறும் தூண்டல்களைத் தோற்றுவித்து அவற்றின் செயல்களை நெறிபடுத்துகின்றன. அதனால் அவை தூண்டல்களுக்கு ஏற்ற துலங்கல்களை உண்டாக்கிச் செயல்களைத் தொடங்கி நிகழ்தகவு தவறாமல் குறிப்பிட்ட காலத்தில் செயல்படுகின்றன. தொடக்கத்தில் இவ்வினைகள் புறக்காரணிகளால் தோற்றுவிக்கப்பட்டாலும் பின்னர் புறக்காரணிகளான சூழ்நிலைக்காரணிகள் இல்லாமலேயே அகத்தூண்டுதல்களினால் இச்செயல்கள் தொடர்ச்சியாக நிகழ்கின்றன. மாறுபட்ட சூழ்நிலையிலும் இத்தகைய குறிப்பிட்ட செயல்பாடுகள் உயிரிகளில் காணப்படுவதற்கு இவ்விளைவுகளை உள்ளிருந்து தோற்றுவிக்கின்ற தூண்டுதல்களே காரணமாகின்றன. இத்தன்மைக்கு உயிரிக்கடிகை (Biological clock) என்று பெயர்.

ஒளி விளைவைப் பயன்படுத்தி ஆடுகள் போன்ற விலங்குகளில் கூடுதலான மயிரை உற்பத்தி செய்யலாம். அசுவினிப் பூச்சிகள் வாழுமிடத்தில் இருள் நேரத்தை 12—14 மணி வரை நீடிக்குமாறு செய்து, குளிர்கால இனப்பெருக்கத்தின் மூலம் உண்டாகும் இறக்கைகள் உடைய பூச்சிகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். மேலும் கோழிப் பண்ணைகளில் பகல்-இரவுக்கால விளைவுகளைப் பயன்படுத்தி முட்டை இடுதல், விந்தணு உற்பத்தி, உடல் எடை கூடுதல் போன்ற செயல்களை நல்ல வருவாய் தரும் வகையில் அமைக்கலாம்.

- அ. சங்கரன்

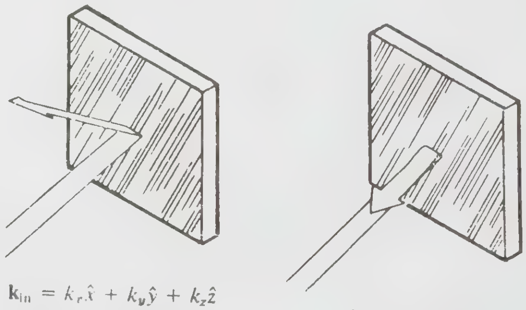
நூலோதி: Clarke L. George, *Elements of Ecology*, John Wiley and Sons. Inc, New York, 1963; Prosser C.L. and Frank A., Brown Jr., *Comparative Animal Physiology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1961.

ஒளி எதிரணையம்

நேர்கோட்டிலமையா ஒளி விளைவுகளைப் (non-linear optical effects) பயன்படுத்தும் ஒரு புதியமுறைக்கு ஒளி எதிரிணையம் (optical phase conjugation) எனப் பெயர். இதை அலைமுகப்பு எதிர்த் திருப்பம் (wave front reversal), நேர எதிர்த் திருப்ப எதிரொளிப்பு (time reversal reflection) எனவும் கூறலாம். இம்முறையில், ஓர் ஒளிக்கற்றையின் ஒவ்வொரு சமதள அலையின் ஒளி பரவும் திசையும் கட்டமும் நுட்பமாகத் திருப்பப்படுகின்றன. எந்த இடத்தில் ஒளி உண்டாக்கப்படுகின்றதோ அந்த இடத்திலேயே ஒளி மீண்டும் பெறப்படுகின்றது.

ஒரு புதுவகையான தனித்தன்மை வாய்ந்த ஒரு வியப்பான ஆடியாக இதைக் கருதலாம். இத்தகைய ஒளி எதிரிணைய ஆடியின் (optical phase conjugate mirror) மீது பட்டு எதிரொளிக்கும் கதிர், சென்ற பாதையிலேயே மீண்டும் திரும்புகிறது.

ஓர் எளிய சமதள ஆடிக்கும் ஒளி எதிரிணைய ஆடிக்கும் மிகுந்த வேறுபாடு உண்டு. எளிய சமதள ஆடியில் ஒரு கோள அலை (spherical wave) விழுவதாகக் கொள்ளலாம். இவ்வலை விரிகற்றையைக் (diverging beam) கொண்டது. எதிரொளிப்பு அலையும் விரிகற்றை கொண்டதாக அமையும். ஆனால் ஒளி எதிரிணைய ஆடியில், ஒரு விரிகற்றை குவிகற்றையாகவும் (converging beam), குவிகற்றை விரிகற்றையாகவும் எதிரொளிக்கப்படும்.



$\mathbf{k}_{in} = k_x\hat{x} + k_y\hat{y} + k_z\hat{z}$
$\mathbf{k}_{out} = k_x\hat{x} + k_y\hat{y} - k_z\hat{z}$

$\mathbf{k}_{out} = -\mathbf{k}_{in}$

அ ஆ

படம் 1, (அ) எளிய சமதள ஆடியில் ஒளி எதிரொளிப்பு. இதில் ஆடிக்குச் செங்குத்துத் திசையில் (Z-திசை) k-திசையன் திசைமாற்றம் அடைகிறது. (ஆ) ஒளி எதிரிணைய ஆடியில் (phase conjugator) ஒளி எதிரொளிப்பு. இதில் k-திசையன் முழுமைத் திசைமாற்றம் அடைகிறது.

எளிய சமதள ஆடியில் (படம் 1-அ) ஓர் ஒளிக்கற்றை விழுவதாகக் கொள்ளலாம். இதை k- உள்ளீடு என்னும் திசையன் மூலம் குறிக்கலாம். இத்திசையனை x,y,z என்னும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான மூன்று திசைகளின் மூன்று கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். எனவே.

$$k - உள்ளீடு = k_x x + k_y y + k_z z$$

எனக் கொள்ளலாம். எதிரொளிக்கப்பட்ட கற்றையை k- வெளியேற்றம் என்னும் திசையினால் குறிக்கலாம். எதிரொளிக்கப்படும் இத்திசையனின் x,y திசைகளில் மாற்றம் எதுவும் இராது. ஆனால் z- திசையில் மாற்றம் உண்டாகும். எனவே,

$$k - வெளியேற்றம் = k_x x + k_y y - k_z z$$

எனக் கொள்ளலாம். ஆடியின் தளத்திற்கு இணையான திசைகளில் (x,y) மாற்றம் ஏற்படாமல், அதன் செங்குத்துத் திசையில் (z) மட்டும் மாற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. ஆடியைத் தகுந்தவாறு சுழற்றி, அதில் விழும் ஒளிக்கற்றையைத் தேவையான திசைக்குத் திருப்பலாம்.

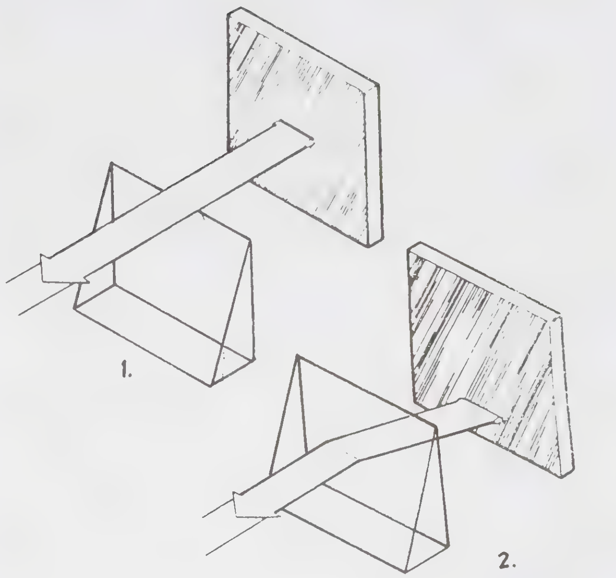
ஒளி எதிரிணைய ஆடியில் (படம். ஆ) விழும் ஒளிக்கற்றை முழுமையாகத் திசைமாற்றம் செய்யப்பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது. எனவே,

$$k - உள்ளீடு = -k\ வெளியேற்றம்$$

என்னும் சமன்பாட்டால் இந்நிகழ்ச்சியை விளக்கலாம். விழுகற்றை விழுபாதை மீது அப்படியே எதிர்த் திசையில் மீண்டும் எதிரொளிக்கப்படுகிறது என்பதை இச்சமன்பாடு குறிக்கிறது.

எதிரிணைய அலைகளின் பண்புகள். ஒளி எதிரிணைய அலைகள் வியப்புப் பண்புகள் கொண்டவை. அவ்வலைகள் செல்லும் பாதையில் ஓர் உடைந்த கண்ணாடித் துண்டுபோன்று ஒளிப்பிறழ்ச்சி அல்லது குறைவு (distortion) தோற்றுவிக்கும் எப்பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தாலும், வகை மாற்றம் நிகழாமல் ஆடியில் விழும் கதிர் அப்படியே மீண்டும் பெறப்படுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி படம் 2இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஓர் ஆப்புப் போன்ற வடிவம் உள்ள சிறுகோணக் கண்ணாடிப் பட்டகம் ஒளி செல்லும் பாதைக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 2 அ). இங்கு, எதிரொளிப்பில் மாற்றம் எதுவும் இல்லை. இப்போது ஒளி செல்லும் பாதையின் குறுக்கே அப்பட்டகம் நகர்த்தப்படுகிறது. (படம் 2 ஆ). இப்போதும் எதிரொளிப்பில் மாற்றம் எதுவும் இல்லை. பட்டகத்தில் விழும் கற்றையில் விலக்கம் (refraction) ஏற்பட்டு, எதிரிணைய ஆடியில் விழுகிறது. கற்றைப் பட்டகத்தின் அதே புள்ளிக்கு மீண்டும் எதிரொளிக்கப்பட்டுப் பட்டகத்தால் திசை திருப்பப்பட்டுச் சென்ற பாதையிலேயே திரும்பி வருகிறது. எனவே, இத்தகைய அலைகள் குலைவு உண்டாக்கும் ஊடகத்தால் சிறிதும் குலைக்கப்படுவதில்லை.

எதிரிணைய அலைகள் மூலம் தரம் வாய்ந்த ஓர் ஒளிக் கற்றையைத் தரம் குறைந்த ஒளிக்



படம்

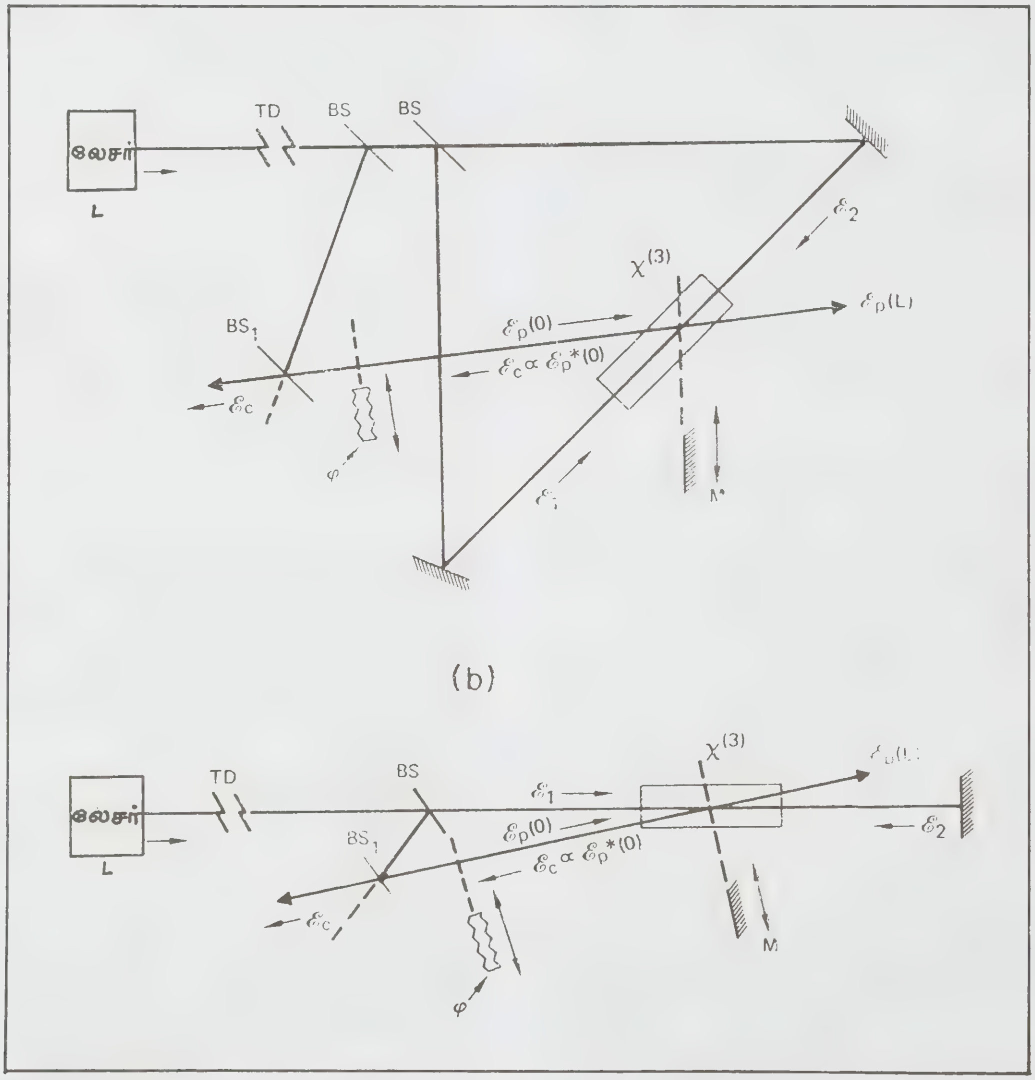
படம் 2. (1) ஒளி எதிரிணைய ஆடிக்கும் ஒளித்தோற்றுவாய்க்கும் அருகில் ஆப்பு (wedge) போன்ற பட்டகம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கற்றை ஆடியில் பட்டு அப்படியே ஒளித்தோற்றுவாய்க்குத் திரும்புகிறது. (ஆ) ஆடிக்கும் தோற்றுவாய்க்கும் இடையில் பட்டகம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பட்டகத்தால் ஒளி விலகல் ஏற்படுகிறது. மேலும் ஒளிக்கற்றை தோற்றுவாய்க்கே திருப்பப்படுகிறது. ஒளிப்பாதையில் பட்டகத்தைப் புகுத்தாவிட்டால் உண்டாகும் விளைவே ஏற்படுகிறது.

கற்றையின் வழியாகச் செலுத்தினாலும் கற்றையின் தரம் சிறிதும் மாறுபடுவதில்லை. ஓர் எளிய ஆடியின் முன்னால் ஒருவர் நின்றால் அவர் தம் முழு முகத்தையும் நன்றாகப் பார்க்க முடியும்; ஆனால் ஓர் எதிரிணைய ஆடியின் முன் நின்றால் தம் முகத்தைக் காண முடியாது. கண் பாவையை மட்டுமே பார்க்கமுடியும். முகத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து புறப்பட்டு ஆடியில் ஒளி மட்டும் எதிரொளிக்கப்பட்டு மீண்டும் அந்தப் புள்ளியையே அடைகிறது. எனவே, கண்ணுக்கு வெளியே உள்ள பிற பகுதிகள் காட்சியில் இடம் பெறுவதில்லை. காண்போர்க்கும் ஆடிக்கும் இடையே உருக்குலைவு உண்டாக்கும் ஒரு பொருளைப் புகுத்தினாலும் காட்சியில் மாற்றம் எதுவும் உண்டாவதில்லை. இத்தகைய பண்புகளால், ஒளி செல்லும் பாதையில் இடையூறு விளைவிக்கும் எத்தகைய ஒளிபுகுபொருள்கள் இருந்தாலும், ஒளிக்கற்றையைக் குலைவின்றி ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லலாம்.

ஒளி எதிரிணைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் முறை. ஒரு சமதள அலையை எளிதில் ஒளி எதிரிணைய அலையாக மாற்றலாம். எத்திசையில் சமதள அலை பரவுகிறது என்பதை அறிந்து, அத்

திசைக்குச் சரியான செங்குத்துத் திசையில் ஒரு சமதள ஆடியை வைத்தால், ஆடியில் அந்த அலை செங்குத்தாக வீழ்ந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு வந்த பாதையிலேயே திரும்பிச் செல்லும். ஒரு கோள அலையை எதிரிணைய அலையாக மாற்ற, ஒரு கோள ஆடியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அதன் வளைவு மையம் ஒளித்தோற்றுவாய் இருக்கும் இடத்தில் அமைய வேண்டும். எனவே, ஒவ்வோர் அலையின் அமைப்புக்கும் தக்கவாறு ஆடியின் வடிவம் அமைய வேண்டும்.

தற்போது நேர் கோட்டிலமையா ஒளிமுறையைப் பயன்படுத்தி எதிரிணைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் வழி முறைகளை ஆய்வாளர்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். ஒரு படித்தான ஊடகத்தில் (homogeneous medium) ஒளிநேர்கோட்டில் பரவுகிறது. இப்பண்பினைக் கொண்டே ஒளி விலகல் எண், ஒளி உட்கவர் எண், ஒளி ஏற்புத்திறன் போன்றவற்றை வரையறுக்கலாம். ஒரு சமச்சீரற்ற ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டுப் பாதையில் செல்வதில்லை. ஜெர்மேனியம், சிலிகான், கேட்மியம் செலீனைடு, கேலியம்



படம் 3. நான்கு-அலை கலத்தல் முறையில் ஒளி எதிரிணைய அலைகளைத் தோற்றுவித்தல்

(அ) E_2 அலை ஒரு ஆடியில்பட்டுப் பெறப்படுகிறது (ஆ) E_2 அலை ஊடகத்தின் மூலம் செலுத்தப்பட்டுப் பெறப்படுகிறது. இதில், L - லேசர் கற்றை, TD - நேரத்தாழ்வு உண்டுபண்ணும்கருவி, BS - கற்றைப் பிரிப்பிகள், M_i - ஆடிகள், X நேர்-கோட்டிலமையா ஒளி ஏற்புத்திறனுடைய ஊடகம், θ - குலைவு உண்டாக்கும் பொருள்.

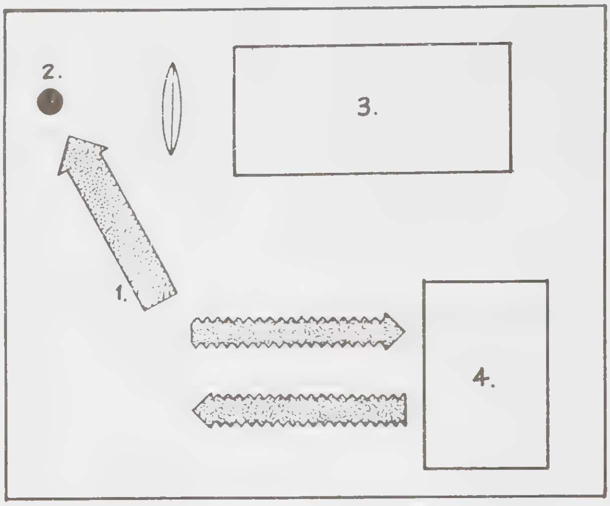
ஆர்செனைடு, துத்தநாக ஆக்சைடு போன்ற குறை கடத்திகள் சமச்சீரற்ற சில ஊடகங்கள் ஆகும். இக்குறை கடத்திகள் ஒரு கண்ணாடித் தகட்டில் உட்புகுத்தப்படுகின்றன. இத்தகைய ஊடகத்தில் ஒளி வீழ்ந்து இடையீட்டு வினை ஏற்படுத்தி எதிரொளிக்கப்படும்போது எதிரிணைய அலைகள் உண்டாகின்றன.

1977 ஆம் ஆண்டு முதல் இத்துறையில் பல வகை ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. நான்கு-அலை கலத்தல், தூண்டப்பட்ட பிரில்லாயன் சிதறல் (stimulated Brillouin scattering), தூண்டப்பட்ட இராமன் சிதறல் (stimulated Raman scattering) ஃபோட்டான் எதிரொலிப்புகள் (photon echoes) தூண்டப்பட்ட எதிர்ச் சிதறல் (stimulated back scattering) போன்ற பல முறைகளில் எதிரிணைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். எனினும், நேர்கோட்டிலமையா அனைத்து ஒளி விளைவுகளும் இத்தகைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்க வல்லன. எதிரிணைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் இத்தகைய விந்தை ஆடிகள் அவற்றின் மேல் விழும் கதிர்கள் எவ் வடிவில் இருந்தாலும் அவற்றிற்குத் தகுந்தாற்போல் தங்களைச் சீர்செய்து கொள்ளும் தன்மை வாய்ந்தன.

நான்கு-அலை கலத்தல் முறையில் ஒளி எதிரிணைய அலைகள் தோற்றுவிக்கும் முறை படம் 3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தூண்டப்பட்ட கதிர் வீச்சு உமிழ்வால் ஒளிப்பெருக்கம் (light amplification by stimulated emission of radiation) பெற்ற ஒரு லேசர் கற்றை, கற்றைப் பிரிப்பி மூலம் E_1 E_2 E_p என்னும் மூன்று தனித்தனிக் கற்றைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. இவை நேர்க்கோட்டில் அமையா ஒளி ஏற்புத்திறன் கொண்ட X என்னும் ஊடகத்தின் மீது செலுத்தப்படுகின்றன.

மூன்று கற்றைகளும் இணைத் தளவிளைவு (parallel polarisation) கொண்டவை. E_2 அலையைத் தனியாகவோ (படம் 3 அ) ஊடகத்தின் வழியாகச் செலுத்தியோ (படம் 3 ஆ) பெறலாம். E_1, E_2 -இவை இரண்டும் ஒன்றாக இணைந்து ஆற்றல் மிக்க குழாய்ப் புலத்தை (pump field) உண்டாக்குகின்றன. மூன்றாம் அலை (E_p) கணிப்பு அலையாகச் (probe wave) செயல்படுகிறது, இதன் எதிரிணையை அலையே தேவையாகும். E_p அலை ஊடகத்தில் வீழ்ந்து E_c என்னும் எதிரிணைய அலையாக எதிரொளிக்கப்பட்டு, BS, என்னும் கற்றைப் பிரிப்பி மூலம் கண்டறியப்படுகிறது, E_p அலை செல்லும் பாதையில் மங்கிய கண்ணாடித் துண்டு போன்ற கட்டக்குலைவு (phase aberration) உண்டாக்கும். ஒரு பொருளை (O) வைத்து E_c அலையின் பண்பை அறியலாம். எதிரிணையை ஆடிக்குப் பதில் ஓர் எளிய சமதள ஆடியை (M) வைத்தால் கணிப்பு அலை அதில் பட்டு எதிரொளிக்கப்பட்டுக் கண்ணாடித் துண்டின் வழியாக வெளிவரும்போது அலையின் குலைவு இரட்டிப்பாகி விடும்.

எதிரிணைய அலைகளின் பயன். ஒளி எதிரிணைய முறை, லேசர் தொழில் நுட்பத்துறையில் மிகவும் பயன்படுகிறது. இம்முறையைப் பயன்படுத்தி குலைவற்ற நுண்ணிய திசைநோக்குடைய ஆற்றல் மிக்க ஓரியல் (coherent) லேசர் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கலாம்.



படம் 4.

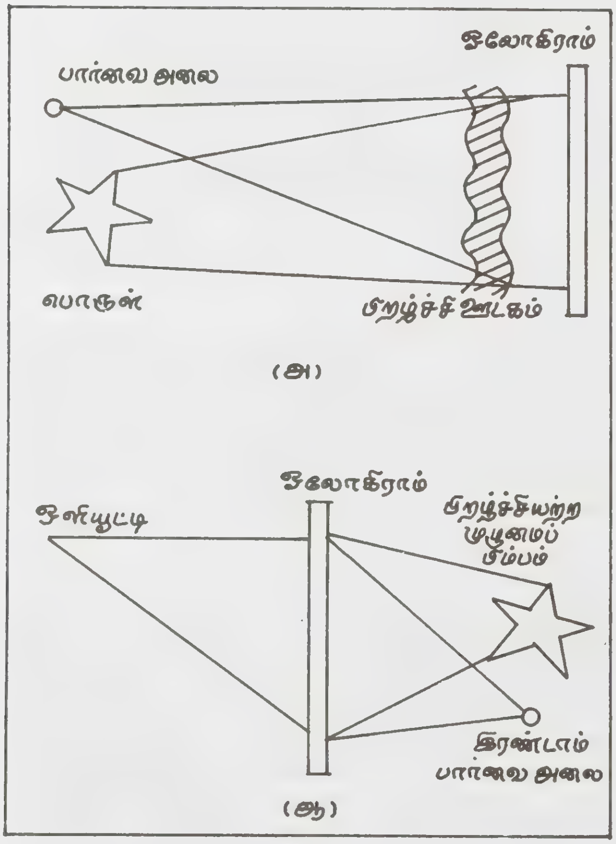
குறுகிய பரப்புள்ள ஓர் இலக்கின் மீது லேசர் கற்றையைக் குவி முகப்படுத்தல் இலக்கில் பட்டுத் திரும்பும் லேசர் கற்றை ஒளி பெருக்கி மூலம் எதிரிணைய ஆடியில் வீழ்ந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு மீண்டும் இலக்கை அடைகிறது. இதனால் ஒளிப்பெருக்கம் இரட்டிப்பாவதுடன் பெருக்கியால் உண்டாகும் குலைவும் முழுமையாக நீக்கப்படுகிறது. இதில் (1) லேசர் ஒலிக்கற்றை (2) இலக்கு (3) ஒலிப்பெருக்கி (4) ஒளி எதிரியை ஆடி.

படம் 4ல், ஓர் இலக்கு ஓர் எளிய லேசர் கற்றை மூலம் பரவலாக ஒளிவீச்சுப் பெறுகிறது. இலக்கில் பட்டு வெளிவரும் கற்றை ஒரு வில்லை மூலம் லேசர் பெருக்கிக்கு அனுப்பப்படுகின்றது. இங்கு ஒளிப் பெருக்கம் உண்டாகிறது. ஆனால் பெருக்கியின் சீரற்ற தன்மை காரணமாக உருக்குலைவும் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு ஒளிப்பெருக்கமும், உருக்குலைவும் பெற்ற கற்றை எதிரிணைய ஆடியில் வீழ்ந்து எதிரொளிக்கப்பட்டுப் பெருக்கி வழியாக மீண்டும் இலக்கை வந்தடைகிறது. எனவே, லேசர் கற்றை இரட்டை மடங்கு ஒளிப்பெருக்கம் பெறுகிறது.

எதிரொளிக்கப்படும் கற்றையில் எதிர்த்திசையில் உருக்குலைவு ஏற்படுவதால், பெருக்கியின் வழியாகக் கற்றை செல்லும்போது உண்டாகின்ற பிறழ்ச்சி மீளும்போது தானாகவே அகற்றப்படுகிறது. இவ்வாறு ஆற்றல் மிக்க, குறைந்த கோண விரி

வுடைய ஒளித்துடிப்பைப் பெறுவதோடு மட்டு மல்லாமல் அதை மிகச்சிறிய இலக்கின்மீது சரியாக ஒருமுகப்படுத்தவும் முடிகிறது. மிகை வெப்பம் கொண்ட லேசர்பிளாஸ்மா (laser plasma) இவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகிறது. லேசர் பிளாஸ்மாவிலிருந்து. புற ஊதாக் கதிர்களையும், எக்ஸ் கதிர்களையும் பெறலாம். நுண்ணிய திசைநோக்கு கோண்ட இத் தகைய ஆற்றல் மிக்க லேசர் கற்றைகள் லேசர் உருகி (laser fusion) முறை ஆராய்ச்சிக்குப் பெரிதும் பயன் படுகின்றன.

எதிரிணைய அலைகள், ஒலோகிராஃபி (holography) எனப்படும் முப்பரிமாண முழுமைப் பதிவு உருவம் தோற்றுவிக்கப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இதற்கு இயக்க ஒலோகிராஃபி என்று பெயர். எளிய ஒலோகிராஃபி முறையில் ஆற்றலுள்ள ஒரு லேசர் கற்றையின் ஒரு பகுதி நேராகவும்



படம் 5 இயக்க ஒலோகிராஃபி *(dynamic holography)* **மூலம் முப்பரிமாண முழுஉருத்தோற்றம் தோற்றுவித்தல்.**

(அ) ஒரு பொருளில் பட்டுத் திரும்பும் அலையும், மற்றுமொரு பார்வை அலையும் பிறழ்ச்சி ஊடகத்தின் வழியாக ஒளிப்படத் தகட்டில் விழுகின்றன. இது ஒலோகிராஃபி எனப்படுகிறது. (ஆ) ஒளி வீச்சுப்பெற்ற ஒலோகிராஃபியிலிருந்து குலைவற்ற முழுஉருத் தோற்றமும் மற்றுமொரு பார்வை அலையும் பெறப்படும்.

மற்றொரு பகுதி உருவம் பெறவேண்டிய பொருளால் எதிரொளிக்கப்படும் ஓர் ஒளிப்படத் தகட்டையும் அடைகின்றன. இவ்வாறு பெறப்படும் ஒளிப்படப் பதிவு ஒலோகிராம் (hologram) எனப் படும். இயக்க ஒலோகிராஃபி முறையில், ஒளிப்படத் தகட்டிற்கு முன்னால் பிறழ்ச்சி உண்டாக்கும் ஓர் ஊடகம் வைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு பெறப்படும் ஒலோகிராஃபியை மற்றோர் ஒளிக்கற்றையால் ஒளி யூட்டினால், அதனின்றும் குலைவற்ற தூய உருவ மும் பிறிதோர் அலையும் (reconstructed reference wave) பெறப்படும். இவ்வுருவம் முப்பரிமாண உருவ மாக அமையும். இவ்விளைவைப் படம் 5 விளக்கு கிறது.

ஒளி எதிரிணைய அலைகளைப் பயன்படுத்தி, வில்லையின் உதவியில்லாமல் ஒளியை ஒருமுகப்படுத்தி உருவம் தோற்றுவிக்கும் ஒரு புதிய முறைகண்டறியப் பட்டுள்ளது. அச்சுத் துறையில் பயன்படும் இம்முறை லேசர் ஒளிப்பட லித்தோகிராஃபி எனப்படுகிறது.

வளிமண்டலத்தில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு ஒளி அலைகளை எளிதில் பரப்ப எதிரிணைய அலைகள் பெரிதும் உதவுகின்றன. தற்போது ஒளியியல் கணிப்பொறிகள், (optical computers), ஒத் திசைவு லேசர் அமைப்புகள் (laser resonator design), நேர் கோட்டிலமையாப் பண்புகள் கொண்ட லேசர் நிரல் அளவிகள் (laser spectrometers), நுண்ணோக்கி கள் குறுக்கீட்டு விளைவு அளவிகள் (interferometers) முதலிய ஒளியியல் கருவிகளில் எதிரிணைய முறை பயன்படுகிறது.

- மு. நா. சீனிவாசன்

நூலோதி I. J. Bigio et al, *Proceedings of International conference on Laser*, STS press Mclean Virginia, 1978, page 532; J.W. Goodnan et al, *wave front Reconstruction imaging through random media*, Applied Physics LeH, 8, page 311.

ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல்

கதிர்வீச்சுப்பட்ட பொருளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும் புற ஒளி மின் விளைவு 1887 இல் ஹெர்ட்ஸ் என்பாரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அதன் அடிப்படையில் 1905 இல் ஐன்ஸ்டீன் தம் ஒளியின் குவாண்ட்டக் கொள்கையை வெளியிட்டார். ஆனாலும் 1945 இல் தான் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் நிறமாலையின் மூலம் பொருள்களின் அனைத்து நிலையிலும் எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பை ஆராய முடியும் என்பது தெரிய வந்தது. இதனைத் தொடர்ந்து அடிப்படையாகிய ஒளி எலெக்ட்ரான்

உமிழ்வுச் செயல் முறைகளை அறிந்து கொள்வதிலும் அதன் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியிலும் மிகப்பெரிய முன்னேற்றம் ஏற்பட்டு வருகிறது. வெவ்வேறு வகையான கதிர் வீச்சு மூலங்களையும், நிறமாலை அளவிகளையும் பயன்படுத்துவதன் மூலம் ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறைமாலையியலில் பல துணைப்பிரிவுகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. எக்ஸ் கதிர் மூலங்களைப் பயன்படுத்தும் எக்ஸ் கதிர் ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல், ஒத்ததிர்வு ஒளி மூலங்களைப் பயன்படுத்தும் மூலக்கூறு ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல், திண்மங்களுக்கும் மேல் பரப்புகளுக்கும் செயல்படுத்தப்படும் புறஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல் ஆகியவை இவற்றில் அடங்கும். ஆனாலும் சிங்குரோட்ரான் கதிர் வீசல் போன்ற புதிய கதிர்மூலங்கள் தோன்றிய பிறகு இந்த உட்பிரிவுகளுக்கிடையான வேறுபாடுகள் மறைந்து வருகின்றன.

அனைத்து வகையான ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல்களிலும், ஒரு குறிப்பிட்ட ஆற்றலுள்ள ஃபோட்டான்களைப் பயன்படுத்தி ஒரு மாதிரிப் பொருளில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெற்றிட ஆற்றல் மட்டத்துக்கு (φ) மேலாகக் கிளர்வூட்டப்படுகின்றன. இவ்வாறு கிளர்வூட்டப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களில் சில வெற்றிடத்தில் வெளியேற்றப்படுகின்றன. அங்கு ஓர் எலக்ட்ரான் ஆற்றல் பகுப்பாய்வுக் கருவியின் உதவியால் அந்த எலெக்ட்ராகளின் ஆற்றல் பரவீடு அளவிடப்படுகிறது. ஒருதிண்ம நிலை மாதிரிப் பொருளுக்குப் ஃபோட்டான் ஆற்றல், படுகதிரின் முனைவாக்கம் (polarization) மற்றும் திசை, வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் திசை போன்ற பல துணை அளவுகளை மாற்ற முடியும். ஒவ்வொரு ஃபோட்டான் உட்கவரப்படும் போதும் வெளியாகும் ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ்வுச் செறிவு அனைத்துத் துணை அளவுகளையும் பொறுத்துள்ளது.

பொதுவாகப் பெரும்பாலான ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலை ஆய்வுகளில் ஃபோட்டான் ஆற்றல்களைச் சில நிலையான அளவுகளில் வைத்துக்கொண்டு வெவ்வேறு உமிழ்வுக் கோணங்களில் எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் பரவீடு அளவிடப்படுகிறது. இத்தகைய ஓர் ஆற்றல் பரவீடு மாதிரிப் பொருளின் ஆற்றல் மட்ட நிறமாலையை நேரடியாக எதிர்பலிக்கிறது. அமைப்பின் i ஆம் அயனி நிலையின் அயனியாக்க நிலையாற்றல் P_i ஒளி எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் E_i எனில், $E_i = h\nu - P_i$. தனியான அணுக்களிலும் மூலக்கூறுகளிலும் ஒவ்வோர் அயனி நிலையிலும் அதிர்வு மற்றும் சுழற்சிக் கிளர்வுகளும் ஏற்படுகின்றன. அப்போது $P_i = I_i + \triangle E_v + \triangle E_R$ இதில் I_i என்பது வெப்பமாற்றீடற்ற எலெக்ட்ரானிய அயனியாக்க மின்னழுத்தம். $\triangle E_v$, $\triangle E_R$ ஆகியவை முறையே அதிர்வு மற்றும் சுழற்சிக் கிளர்வு ஆற்றல்கள் ஆகும். திண்மங்களின் எக்ஸ் கதிர் புற ஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலை ஆய்வுகளில் ஃபெர்மி ஆற்றலான E_Fமேற்கோள் ஆற்றல் மட்டமாகப் பயன்படுகிறது. அப்போது $P_i = E_B + \varphi$ இங்கு ϕ என்பது செயல் சார்பெண் (work function). ϕ = வெற்றிட மட்ட ஆற்றல் ஃபெர்மி ஆற்றல். E_B என்பது i ஆம் மட்டத்தின் எலெக்ட்ரானியப் பிணைப்பு ஆற்றல்.

இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்களைப் புற ஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலை மூலம் ஆய்வு செய்யும் போது பல சமயங்களில் பிணைப்பு ஆற்றல்களைத் தொடக்க ஆற்றல் எனவும் குறுப்பிடுவதுண்டு. தொடக்க ஆற்றல் $E_i = -E_B$. இங்கு E_i வழக்கமாக ஒற்றை எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் பட்டையின் அடிப்படையில் பயன்படும். நிறைவு செய்யப்பட்ட இணைதிறன் நிலைகளுக்கு $E_i < O$ ஹீலியம், நியான் ஒத்ததிர்வு விளக்குகளைப் பயன்படுத்தி குறைந்த ஆற்றல்களில் மிகுதியான பிரிகைத் திறனைப் பெற முடியும். பொதுவாக இணைதிறன் மூலக்கூறு ஓடு பாதை அயனியாக்க மின்னழுத்தங்கள் எலெக்ட்ரானிய அலைச் சார்பெண்களால் பெரும்பான்மையாகத் தாக்கமடைகின்றன. எனவே அவற்றிலிருந்து எலெக்ட்ரானியக் கட்டமைப்பைப் பற்றிய நேரடியான தகவல்களைப் பெற்று அதன் மூலம் மூலக்கூறின் வேதி மற்றும் இயற்பியல் பண்புகளைக் கண்டுபிடிக்க முடிகிறது

வெவ்வேறு வேதிச் சூழ்நிலைகளில் ஓர் அணுவின் உள்ளக மட்டத்தின் (corelevel) இணைப்பு ஆற்றல்களில் ஏற்படும் பெயர்ச்சிகளை அளவிடுவதன் மூலம் வேதிப் பெயர்ச்சிகளை ஆய்வு செய்வது எக்ஸ் கதிர் ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியலின் பெரும் பயன்பாடு ஆகும். மூலக்கூறுகளிலும், திண்மங்களிலும், புறப்பரப்புகளிலும் இத்தகைய பெயர்ச்சிகளை அளவிடுவது, ஆக்சிஜனேற்ற நிலைகளைப் பற்றியும் பல்வேறு வேதி இணைப்புகளுக்கான மின் மாற்றத்தைப் பற்றியும் நேரடியான தகவல்களைத் தருகிறது.

திண்மங்களுக்கு இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்கள் இடைவினை செய்து ஆற்றல் பட்டைகளை உருவாக்குகின்றன. இப்பட்டைகள் திண்மங்களின் வேதி இயற்பியல் பண்புகளை அறுதியிடுகின்றன. எக்ஸ் கதிர், புற ஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல் மூலம் இத்தகைய இணைதிறன் பட்டைகளை ஆராய்வது ஒரு குறிப்பிடத்தக்க ஆய்வுத் துறையாகும். புற ஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியலில் 40-60 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டைவிடக் குறைவான ஃபோட்டான் ஆற்றல்களைப் பயன்படுத்தினால் நிறமாலைகள் சிக்கலானவையாகி விடுகின்றன. இத்தகைய ஆற்றல் அளவுகளில் அளவிடப்படும் நிறமாலை, நிலைகளின் கூட்டு அடர்த்தியின் ஆற்றல் பரவீடு என்னும் அளவை உருவத்தில் ஒத்துள்ளது.

திண்மத்தின் எலெக்ட்ரான் நிலைகள் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட படிக உந்தத்தைப் பெற்றுள்ளமையாலும், ஒளியியல் கிளர்வுச் செயல்முறைகளின் ஆற்றலும் படிக உந்தமும் அழியாமல் வைக்கப்படுவதாலும் இது ஏற்படுகிறது. இந்த நிகழ்வில் ஃபோட்டானின் உந்தம் மிகவும் குறைவாக இருப்பதால், (அதாவது ஃபோட்டான் அணுப் பரிமாணங்களைவிடப் பன் மடங்கு மிகுதியான அலை நீளத்துடன் இருப்பதால்) அதே படிக உந்தம் உள்ளவையாகவும் ஆற்றலை அழியாமல் வைத்துக்கொள்பவையாகவும் உள்ள எலெக்ட்ரான்-துளை இணைகள் மட்டுமே கிளர் ஷூட்டப்படக்கூடியவையாக அமைகின்றன. இதனால் ஃபோட்டான் ஆற்றல் மாறும்போது புற ஊதா ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையும் மாறுகிறது. அதில் எலெக்ட்ரான் ஆற்றறையும் உந்தத்தையும் பற்றிய தகவல்கள் அடங்கியிருக்கும்.

ஒற்றைப் படிக மாதிரிகளிலிருந்து வெளிப்படும் கோணம் சார்ந்த ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ்வதை ஆராய்வதன் மூலம் கூடுதலான தகவல்கள் கிடைக்கின்றன. இதில் ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ்வுச் செயல் முறையில் மேற்பரப்புக்கு இணையான படிக உந்தம் மாறாமல் வைக்கப்படுகிறது. இறுதிநிலை அலைச் சார்பெண், ஒரு குறைந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விலகலின் சார்பெண்ணை முழுமையாக ஒத்துள்ளது. இதன் மூலம் பல்வேறு எலெக்ட்ரான் நிலைகளின் ஆற்றல், உந்தம் ஆகியவற்றை நேரடியாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். படுகதிரின் முனைவாக்கமும் படுகோணமும் குறிப்பாகக் கோணம் சார்ந்த ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ்வில் முக்கியமான துணை அளவுகள் ஆகும். வெவ்வேறு எலெக்ட்ரான் நிலைகளின் சமச்சீர்மையைப் பற்றிக் கூடுதலான தகவல்களை அவை அளிக்கும். இவ்வாறு கோணம் சார்ந்த ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ்வுக்கு, உமிழ்வுச் செறிவு தன்னிச்சையான பல துணை அளவுகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. பேரளவு மற்றும் மேற்பரப்பு நிலைகளின் எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பைப் பற்றித் தகவல் அளிக்கும் வகையில் அவற்றை மாற்றியமைக்க முடியும்.

ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல் (குறிப்பாகப் புறஊதா நிறமாலையியல்), மேற்பரப்புகளின் எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பைக் கண்டுபிடிக்கும் ஒரு வலிவான கருவியாகப் பயன்படுகிறது. அரைக் கடத்திகள், உலோகங்கள் ஆகியவற்றின் மேலுள்ள உள்ளார்ந்த மேற்பரப்புநிலைகள், பல்வேறு பரப்புகளில் உட்கவரப்பட்டுள்ள அணுக்கள், மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றைப்பற்றி அதன் மூலம் தகவல் அறிய முடிகிறது. ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் பொருள்களின் மேற்பரப்பின் மிகச் சிறிய ஆழங்களிலிருந்து வெளிப்படும் காரணமாகவே மேற்பரப்பு நிலைகளையும், உட்கவரப்பட்ட அணுக்களின் ஒற்றை அணுப் படலங்களையும் ஆய்வு செய்ய முடிகிறது.

வளிமங்கள் நீர்மங்கள் திண்மங்கள் ஆகியவற்றின் பரப்புகளிலும், அவற்றின் முகவிடைப் பரப்புகளிலும், உள்ள எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பை ஆய்வு செய்யும் கருவியாக இந்நிரவியல் பகுப்பாய்வு வளர்ந்துள்ளது.

- கே.என் ராமச்சந்திரன்

நூலோதி:- *D.W.* Turner *Molecular Photoelectron Spectroscopy*, Wiley-Inter science, London, 1970.

ஒளி கசியும் ஊடகம்

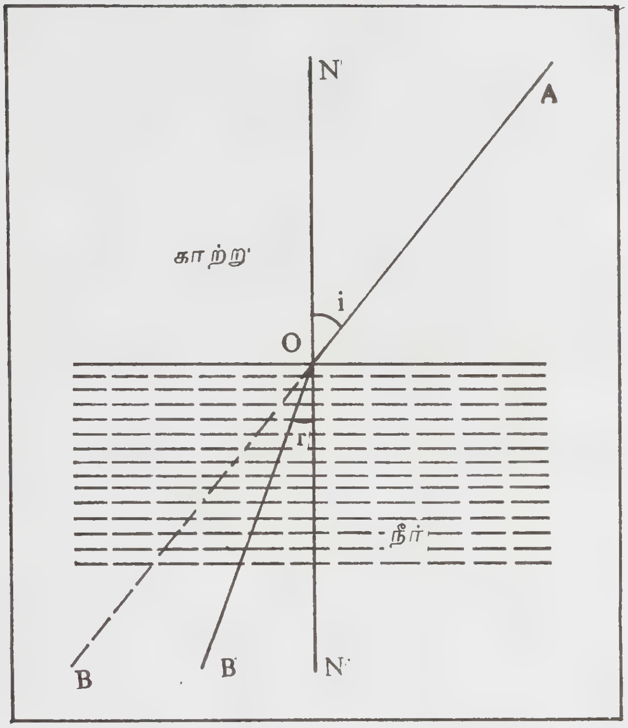
ஒரு தெளிவான கண்ணாடித் தகட்டின் வழியாக மறுபுறம் உள்ள பொருள்களைக் காணும் வகையில் அதை ஒளி ஊடுருவிச் செல்கிறது. ஆனால் அக்கண்ணாடித் தகட்டைக் கடினமான எமரித் தாளால் நன்கு தேய்த்துவிட்டால் அதன் வழியாக ஒளி கடந்து செல்ல முடிந்தாலும், மறுபுறமுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியாது. இத்தகைய பொருள்கள் ஒளிகசியும் ஊடகங்கள் (translucent) எனப்படும். எண்ணெய்தடவிய தாள், மெழுகுத்தாள், மெல்லிய மெழுகுப் படலங்கள் ஆகியவை இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை. இத்தகைய கண்ணாடிகளைச் சாளரக் கதவுகளில் பொருத்தினால் அறைக்குள் போதிய ஒளி வந்தாலும் வெளியிலிருப்போர் உள்ளேயுள்ளவற்றைத் காணமுடியாது. ஒளிக் கசிவு என்னும் சொல் கண்ணுக்குத் தெரியும் நிறமாலைப் பகுதியைப் பொறுத்தே பயன்படுகிறது.

- கே.என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிக்கதிர் கோட்டம் (வானியல்)

ஒரு நேரான குச்சியைத் நீருக்குள் செலுத்தும்போது, நீர் மட்டத்துக்குக் கீழே அது வளைந்து காணப்படுகிறது.

படம் 1 இல் ON என்பது நீரின் தளத்திற்கு நேர்குத்தாக உள்ளது. குறைவான அடர்த்தியுள்ள காற்றிலிருந்து, அடர்த்தி மிகுந்த நீரில் செல்லும் போது ஒளிக்கதிர் நேர்குத்துக் கோட்டுப் பக்கம் சாய்ந்து செல்லும். நேர்குத்துக் கோடு வழியே செல்லும் ஒளிக்கதிர் வளையாது. மேலும், படம் 1 இல் AON ஐப் படுகோணம் i எனவும், B'ON' ஐ விலகு கோணம் r எனவும் குறிக்கலாம். $\frac{\text{Sin i}}{\text{Sin r}}$ இன் மதிப்பு மாறிலியாகும். இதை μ ஒளிவிலகல் எண் என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம்.



படம் 1

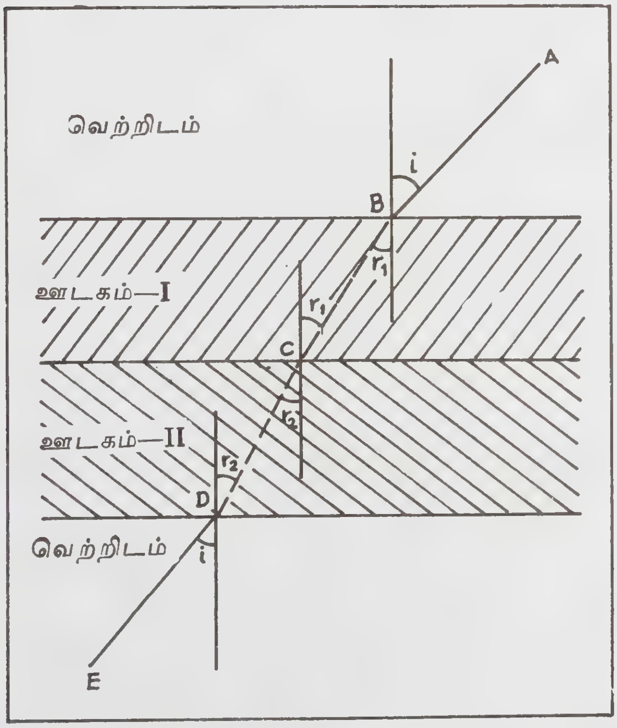
பல்வேறு ஊடகங்கள் ஊடே ஒளிக்கதிர் செல்லுதல்· AB என்னும் ஒளிக்கதிர், வெற்றிடத்திலிருந்து வந்து ஊடகம் I இல் B யில் ஊடுருவிச் செல்கிறது. i என்பது படுகோணம், r, என்பது விலகுகோணம்; μ_1 என்பது ஊடகம் I இன் ஒலிவிலகல் எண் எனில், $\mu_1 = \frac{\text{Sin i}}{\text{Sin } r_1}$ ஆகும்.

$$(\text{அல்லது}) \quad \mu_1 \text{ Sin } r_1 = \text{Sin i} \qquad (1)$$

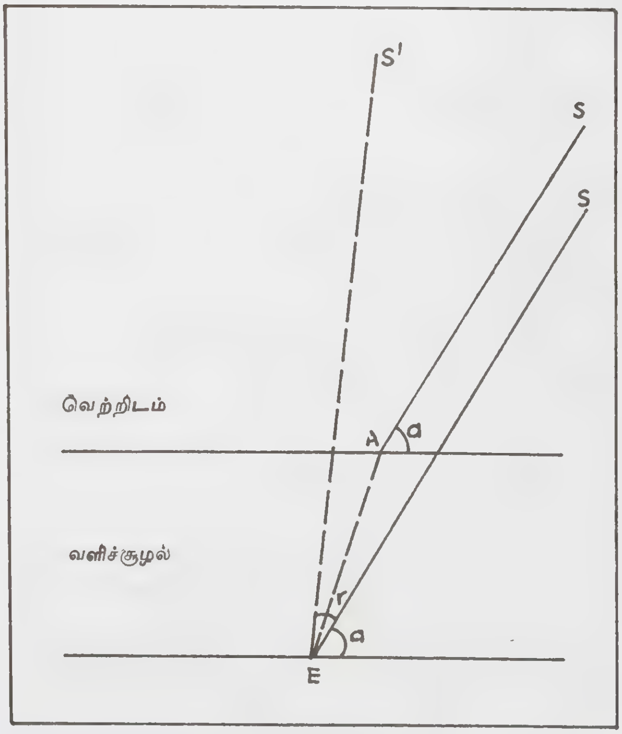
அடுத்து BC என்னும் ஒளிக்கதிர், CD என்றவாறு இரண்டாம் ஊடகத்தினுள் புகுந்து DE ஆக மீண்டும் வெற்றிடத்தில் போகும்போதுநேர்குத்துக்கோட்டுடன் i என்னும் கோணத்தைத்தான் உண்டாக்கும். ஏனெனில் AB யும் DEயும் ஒரே ஊடகத்தினூடே செல்லும் ஒரே ஒளிக்கதிரின் வெவ்வேறு பகுதிகள் ஆதலின் அவை இணையாக இருக்கும். ஆகவே μ_2 Sin r_2 = Sin i ஆகும். இவ்வாறு பல ஊடகங்கள் இருப்பின்,

$\text{Sin i} = \mu_1 \text{ Sin } r_1 = \mu_2 \text{ Sin } r_2 = \mu_3 \text{ Sin } r_3 = \ldots = \mu_n \text{ Sin } r_n$ எனக் காணலாம்.

கோளவடிவமான புவியைச் சுற்றியுள்ள வளி மண்டலத்தில் தோராயமாக 160கி.மீ. வரை வெவ் வேறு அடர்த்திகொண்ட வளிச்சூழல்கள் உள்ளன. இவை உயரே செல்லச் செல்லக் குறைந்த அடர்த்தி உள்ளவையாக இருக்கும். 160 கி. மீட்டருக்கு



படம் 2

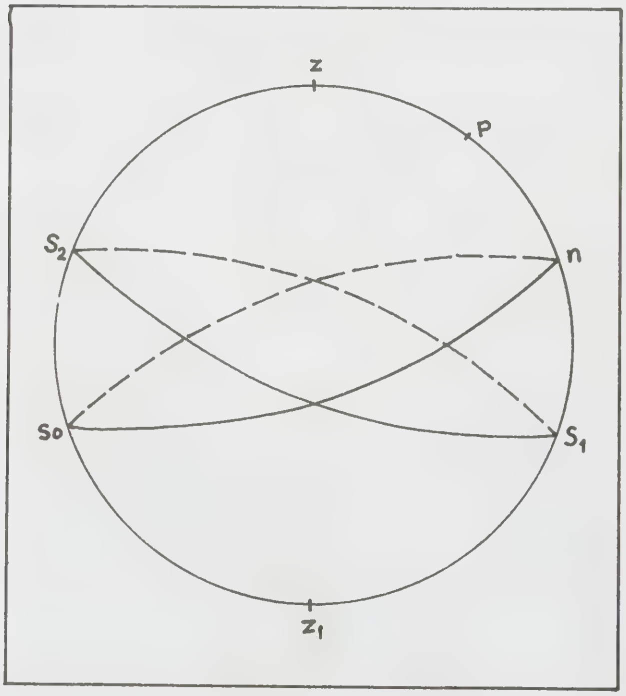


படம் 3

அப்பால் வெற்றிடம் உள்ளது. ஒரு விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர், நேர்கோட்டில் வெற்றிடத்தைக் கடந்து வளிச்சூழலில் புகும்போது வளைகிறது. புவியை நெருங்க, நெருங்க அடர்த்தி மிகுதியாகையால் மென்மேலும் வளைந்து புவியின் மேற்பரப்பை அடைகிறது. எனவே, கர்ணும் விண்மீன் அதன் மெய்யான இடத்திலிருந்து வேறுபட்டு, உயரமான இடத்தில் இருப்பது போல் தென்படுகிறது.

S என்னும் விண்மீன் புவியிலிருந்து பல கோடிக் கணக்கான கிலோமீட்டருக்கப்பால் உள்ளது. எனவே (மிகக் குறைந்த உயரமான) 160 கி. மீ. மேல் உள்ள A இல் இருந்து பார்த்தாலும், புவியில் மேல் உள்ள E இல் இருந்து பார்த்தாலும், அதன் உயரம் a ஆகத் தான் இருக்கவேண்டும். ஆனால் SA என்னும் ஒளிக் கதிர் AE ஆக வளைந்து புவியை அடைகிறது. இந்த வளைவரையின் தொடுகோடான ES′ திசையில் விண்மீன் காணப்படும். இது மெய்யான உயரம் a இலிருந்து r′′ அளவு மாறுபட்டிருக்கும். இது வானியல் ஒளிவிலகல் எனப்படுகிறது.

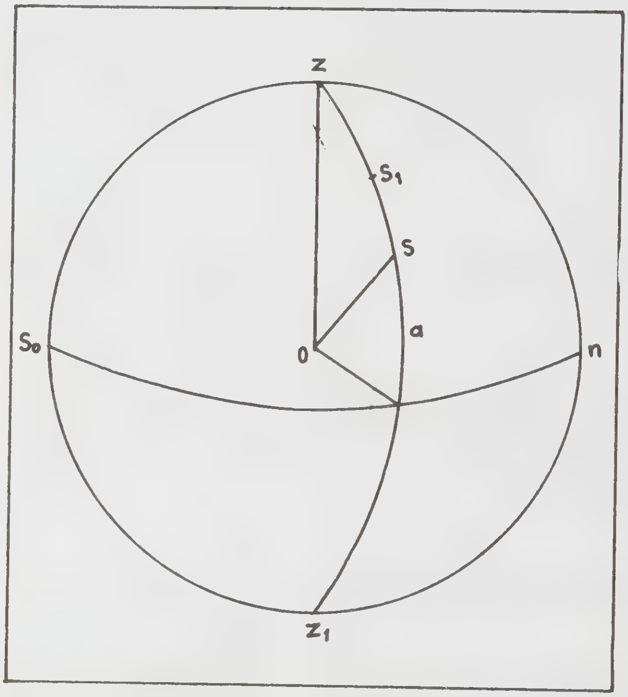
ஒளிவிலகலின் விளைவுகள். நேர் வடக்கே 45° உயரத்தில் இருக்கும் விண்மீனின் உயரம் 45° + r′′ ஆகத் தெரியும். அது இருக்கும் திசையில் சிறிதும் மாற்றம் ஏற்படாது. பொதுவாக ஒரு விண்மீன் எத்திசையில் இருப்பினும், அத்திசையில் மாற்றம் ஏற்படாது.



படம் 4.

வானியலில் உச்சிப் புள்ளிகள் வான்கோளத் துருவங்கள் இவற்றின் வழியாகச் செல்லும் வட்டத்தை உச்சி வட்டம் என்பர். இது கிடைநிலை வட்டத்தைக் கிழக்கு, மேற்குப்புள்ளிகளில் வெட்டும். ஒரு விண்மீன் உச்சி வட்டத்தை வடக்கிலோ (S_2) தெற்கிலோ (S_1) கடப்பதால் வட்டத்தைக் கடக்கும் காலம் மாறுபடாது.

குத்துயரமும், உச்சித் தொலைவும். உச்சி வட்டத்தில் ZZ ஐ இணைக்கும் அனைத்து வட்டங்களும், ns_0 க்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். ஆகவே, ZM = 90° = ZOM விண்மீனின் குத்துயரம் SM = a = SOM அது அதன் உச்சித்தொலைவு ZS = Z = ZOS

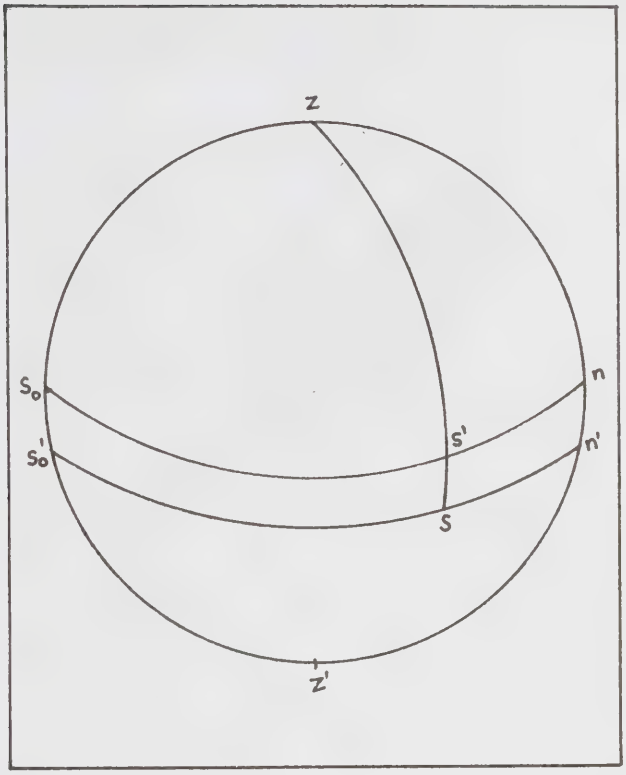


படம் 5

Z = 90—a என்பது தெளிவு.

ஒளிவிலகலின் விளைவாக விண்மீன் S, r″ அளவு உயர்வாகக் காணப்படுவதால் அதன் உச்சித் தொலைவு r″ அளவு குறையும்.

கிடைநிலை ஒளிவிலகல். சூரியன் கிடைநிலை வட்டத்தை அடையும்போது உதயமாகிறது என்பர். ஆனால், ஒளிவிலகல் விளைவாகச் சூரியன் கிடைநிலை வட்டத்துக்கு r″ கீழே இருக்கும்போதே கிடைநிலை வட்டத்தில் சூரியன் இருப்பதுபோல் காணப்படும். இதுபோல், மேற்குத் திசையில் மறைந்த பின்னும், அதாவது கிடைநிலைவட்டத்தைக் கடந்த

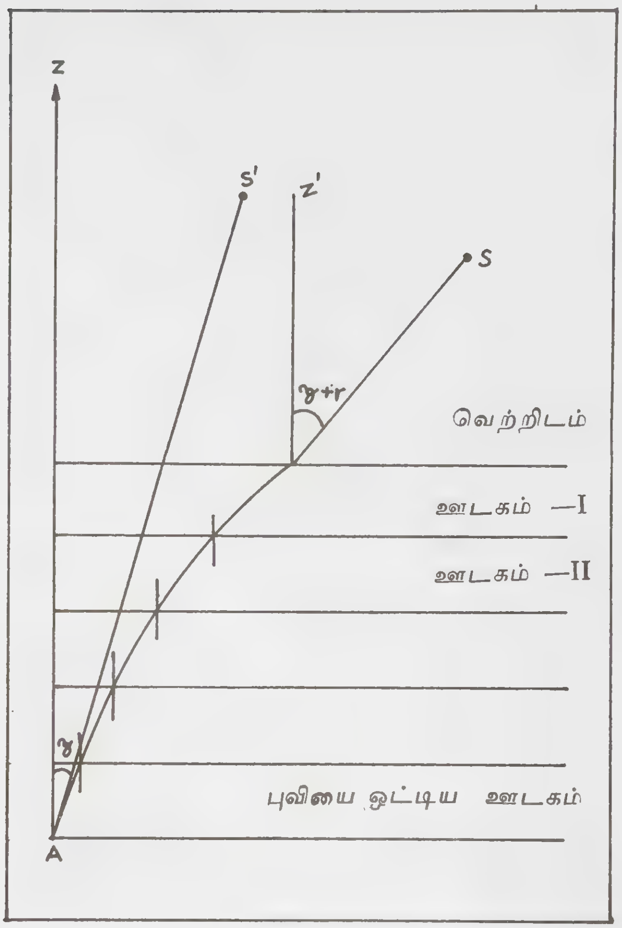


படம் 6

பின்னும், மேலும் r" கீழே செல்லும் வரை சூரிய ஒளி தெரியும். ஆகவே, ஒளிவிலகலின் விளைவால் ஒரு நாளின் பகற்பொழுதின் காலஅளவு கூடுதலாகிறது. இந்த அளவு $\frac{2r''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ நொடி எனக் கணித்துள்ளனர். இதில் ϕ என்பது அந்த இடத்தின் அகலாங்கையும் δ என்பது சூரியனின் நடுவரை விலக்கத்தையும் குறிக்கும்.

ஒளிவிலகலைக் கணக்கிடும் வாய்பாடு. புவி வளைவாக இல்லாமல் தட்டையாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அதன் மேல் உள்ள வெவ்வேறு தன்மையான வளிச்சூழல்கள், ஒரே தன்மையான ஊடகங்களால் ஆனவை எனக்கொள்ளலாம்.

விண்மீன் S மிகு தொலைவில் உள்ளது. எனவே, AS என்பது ES க்கு இணையாக உள்ளது. SA என்னும் கதிர், ஒளி விலகலால் தாக்கமடைந்து புவியை அடையும்போது SS' என்னும் திசையில் காணப்படுகிறது. எனவே, அதன் உச்சத்தொலைவு = Z = EES ஆனால், r" என்பது ஒளிவிலகல் எனில் அதன் மெய்யான உச்சத்தொலைவு Z+r ஆகும். ஊடகங்கள் I, II இன் ஒளிவிலகல் எண்கள் μ_1, μ_2 எனவும், புவியை அடுத்த ஊடகத்தின் எண் μ எனவும் கொள்ளலாம். மேலும், ஊடகங்கள் I, II இல் கதிரின் வளைவால் ஏற்படும் விலகு கோணங்கள்



படம் 7

θ_1, θ_2 எனவும், புவியை அடுத்த ஊடகத்தின் விலகு கோணம் Z எனவும் கொண்டால்,

$\text{Sin}(Z+r) = \mu_1 \text{ Sin } \theta_1 = \mu_2 \text{ Sin } \theta_2 = \ldots = \mu \text{SinZ}$ என அறியலாம்.

(அ-து) $\text{Sin Zcos r} + \text{cosZsin r} = \mu \text{sin Z}$

r மிகவும் சிறியதாகையால் $\sin r = r$, $\cos r = 1$ ஆகும்.

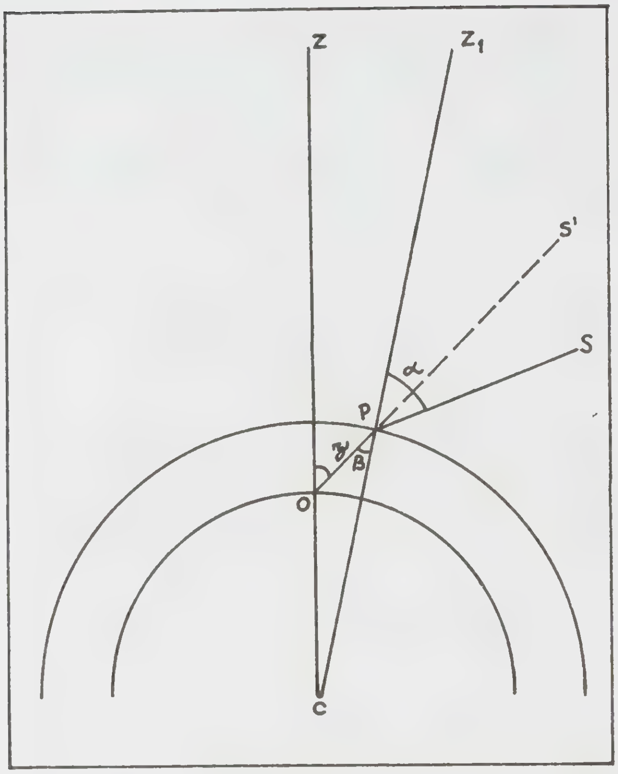
(அல்லது) $\text{Sin z} + \text{Cos zr} = \mu \text{ Sinz}$

(அல்லது) $r \cos z = (\mu - 1) \sin z$

$r = (\mu - 1) \tan z = K \tan z$

$K = (\mu - 1)$ என்பது ஒளிவிலகல் மாறிலிக் கெழு எனப்படும்.

r=k tanz என்பது ஒரு வாய்பாடு ஆகும். k இன் மதிப்பு 58."2 எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது



படம் 8.

காசினி வாய்பாடு (*Cassinis formula*). வானியல் அறிஞர் காசினி புவியைக் கோளமாகவும் ஆனால் அதைச் சுற்றியுள்ள வளிச்சூழலை ஒருபடித்தான (homogeneous) ஊடகமாகவும் கொண்டு

$r = A \tan z + B \tan^3 z$ என்னும் வாய் பாட்டினை நிறுவினார்.

ஒலிவிலகலின் விளைவாகச் சூரியனும். சந்திர னும் உதயத்தின்போதும், மறையும்போதும் நீள்வட்ட மாகக் காணப்படும். வட்டவடிவமாக உள்ள இவற் றின் கிடைவட்டஅளவில் மாறுதலின்றியும் செங் குத்துவிட்ட அளவில் குறைந்தும் காணப்படுவதால் இம்மாறுதல் தெரிகிறது. மேலும் வளிம அழுத்தம் மிகுந்தால் ஒளிவிலகல் மிகும் என்றும், வெப்பநிலை உயர்ந்தால் ஒளிவிலகல் குறையும் என்றும் அறியப் பட்டுள்ளது.

- ஜே. டி. சாமுவேல்

ஒளிக்கூண்டு மீன்

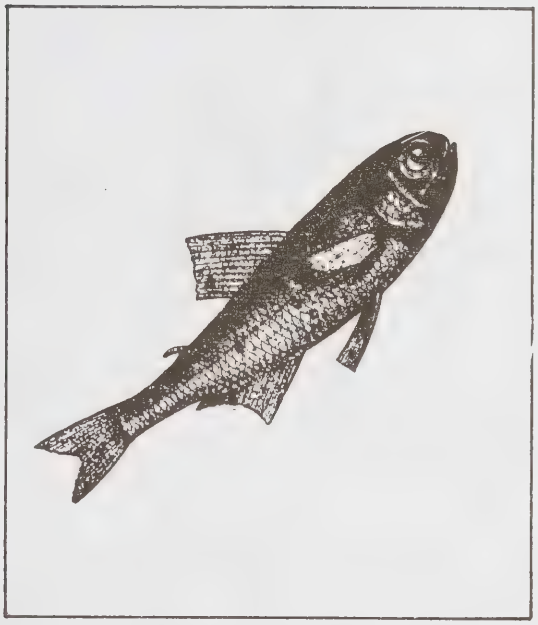
எலும்பு மீன்கள் வகுப்பில் ஆக்டினோட்டெரிஜியத் துணை வகுப்பைச் சேர்ந்த ஒளிக்கூண்டு மீன்கள் ஏறத்தாழ 200-1000. மீ. வரை ஆழமான கடல் நீர்ப்பகுதிகளில் 250 க்கும் மேற்பட்ட இனங்கள் காணப்படுகின்றன. நுக்ட்டோஃபிடே குடும்பத்தையும் மிக்டோஃபிஃபார்மிஸ் வரிசையையும் சேர்ந்த ஒளிக் கூண்டு மீன்கள் டீலியாஸ்ட்டியை (teleostei) என்னும் மேல்வரிசையில் அடங்கும்.

ஒளிக்கூண்டு மீன்கள் (lantern fish) பழுப்பு, சாம்பல், வெள்ளி நிறங்களில் காணப்படுகின்றன. இவை 2. 5 செ. மீ. நீளம் வரை வளர்கின்றன. இவற்றின் கண்கள் பெரியவை. மிகுதியான ஒளி உறுப்புகளைப் பெற்றிருப்பதால் இவற்றிற்கு ஒளிக் கூண்டு மீன்கள் அல்லது விளக்கு மீன்கள் என்னும் பெயர்கள் வழங்கப்படுகின்றன. மிக்டோஃபம் இன்டிகஸ் (*Myctophum indicus*) லாம்ஃபானிக்டஸ் (lampanyctus) போன்றவை பொதுவாகக் காணப் படும் ஒளிக்கூண்டு மீன்களாகும்.

உடலின் இருபுறங்களிலும் சிறிய முத்துப் பொத்தான்களைப் போன்ற ஒளி உறுப்புகள் நன்கு புலப்படும்படியாக ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட வரிசைகளில் அமைந்துள்ளன. இவ்வுறுப்புகள் பலவகைகளில் ஒளிக்கூண்டு மீனின் வாழ்விற்குத் துணையாகின்றன. ஒவ்வோரினமும் குறிப்பிட்ட அமைப்புள்ள ஒளி உறுப்புகளைப் பெற்றுள்ளமையால் பிற இனங்களி லிருந்து தாம் சார்ந்த இனத்தைக் கண்டுகொள்ள முடியும். ஆண் மீன் தன் வால்துடுப்பின் மேற் பகுதிக்கருகில் ஒளிமயமான பட்டைகளைப் பெற் றுள்ளது. மாறாகப் பெண் மீன் இவ்வகையான பட்டைகளை வால் துடுப்பின் கீழ்ப்பகுதியில் பெற் றுள்ளது. இவ்வேறுபாடு ஆண், பெண் மீன்கள் ஒன்றையொன்று அடையாளங் காணத் துணையாக உள்ளது.

மேலும் ஆண் மீன்கள் எதிரிகளை அச்சுறுத்த வும், ஒளி உறுப்புகளைப் பயன்படுத்துகின்றன என்று வில்லியம் பீப் என்பார் கருதுகிறார். ஒளி உறுப்பு களினின்று வரும் வெளிச்சம் மிதவை உயிரினங்களை (planktons) ஈர்க்கவல்லது என்பதால் மிதவை உயிரி னங்களை ஒளிக்கூண்டு மீன்கள் எளிதில் இரையாக உட்கொள்ள முடிகிறது. ஒருவகை ஒளிக்கூண்டு மீன் களில் ஒளி உறுப்புகள் நாக்கின் மீது அமைந்துள் ளன. இரை நேராக வாயினுள் ஈர்க்கப்படுவதற்கு இவை மிகவும் பயன்படுகின்றன. பெரும்பான்மை யான ஒளிக்கூண்டு மீன்களின் உடல் பகுதிகளில் உள்ள ஒலி உறுப்புகளைத் தவிர தலையின் முன் பகுதியிலும் பல பெரிய ஒளிப்பட்டைகள் காணப்படு கின்றன. இவை சுரங்கத் தொழிலாளி தலையில் சுமக்கும் விளக்கைப்போன்று செயல்படுகின்றன. அவை ஓரிரு அடி வரை ஒளிக்கதிர்களை முன் னோக்கிச் செலுத்துகின்றன.

ஒவ்வோர் ஒளி உறுப்பின் மையத்திலும் ஓர் ஒளிச்சுரப்பி (luminous gland) உள்ளது. சுரப்பியைச் சுற்றியுள்ள வெள்ளிமயமான உறை, வெளிப்படுகிற ஒளியை எதிரொளிக்கிறது. ஒளிச்சுரப்பியின் முன்



விளக்கு மீன்

பகுதியில் உள்ள செதில் சற்றுப் புடைத்துக் கண் வில்லையைப் போன்று செயல்படுகிறது. இவ்வில்லை எதிரொளிக்கப் பட்ட ஒளியைப் பன்மடங்கு பெரிதாக்கத் துணை புரிகின்றது. நரம்பியக்கத்தாலும், ஓரளவிற்கு ஹார்மோன் கட்டுப்பாட்டாலும் ஒளிச் சுரப்பி செயல்படுகிறது.

ஒளிக்கூண்டு மீன்கள் ஆழ்கடலில் வாழும் போது இரையைத்தேடி ஒவ்வொரு நாளும் கடலாழத்திலிருந்து கடல் மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகப் பயணத்தை மேற்கொள்கின்றன. கோப்பிப் போடுகளை (copepods) ஒளிக்கூண்டு மீன்கள் உணவாக உட்கொள்கின்றன. யூஃபாஸியன்கள் (euphausians), ஆம்ஃபிபோடுகள் (amphipods), கடல் வண்ணத்துப்பூச்சிகள் (pteropods), அம்புப்புழுக்கள் (arrow worms) போன்ற மிதவையினங்களையும் உட்கொள்கின்றன. இரையைத் தேடிப் போகும்போது இம்மீன்களுக்கு இரட்டை ஆபத்து ஏற்படுவதுண்டு. கடல் மேற்பரப்பில் இவற்றைச் சூரை (tuna), டால்ஃபின் போன்றவை பிடித்துத் தின்னும் வாய்ப்பு உண்டு. கடலாழப் பகுதிகளில் வாழும் தூண்டில் மீன்களுக்கும் (Angler fishes), பலவகையான ஆழ்கடல் மீன்களுக்கு இவை இரையாவதுமுண்டு.

இம்மீன்களின் இனப்பெருக்கம், குளிர்காலம் தொடங்கிக் கோடைக்காலம் வரை நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொரு பெண் மீனும் ஏறத்தாழ 200 — 4000 முட்டைகள் இடுகின்றது. முட்டையினின்று வெளி வரும்போது மீன்குஞ்சு 6 மி.மீ. நீளம் இருக்கும். முதலில் மீன்குஞ்சுகள் கடல் மேற்பரப்பில் தங்கி வாழ்கின்றன. வளர்ச்சி அடையும்போது அடிமட்டத்தை நோக்கிச் செல்கின்றன. உடல் நீளம் 1.8 செ.மீ. ஆகும்போது இம்மீன்குஞ்சுகள் 100 மீ வரை ஆழமான பகுதியை நோக்கிச் செல்கின்றன, முழு வளர்ச்சியடைந்த பின்னர் இப்பகுதியை விட்டு இடை ஒளிமிக்க (twilight) ஆழப்பகுதிகளை நோக்கி விரைந்து செல்கின்றன. அங்கு அவை இயல்பான வாழ்க்கையைத் தொடங்குகின்றன.

ஒளிக்கூண்டு மீன்களிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை நீலம், பச்சை அல்லது மஞ்சள் வண்ணமாக இருக்கும். அவற்றின் கண்களோ சிவப்பு நிறத்துடன் மிளிரும். சிறுசிறு கூட்டங்களாக இம்மீன்கள் செல்லும்போது அவற்றினின்று வெளிவரும் பல வண்ண ஒளிக்கற்றைகள் அழகிய தோற்றத்தை அளிக்கின்றன.

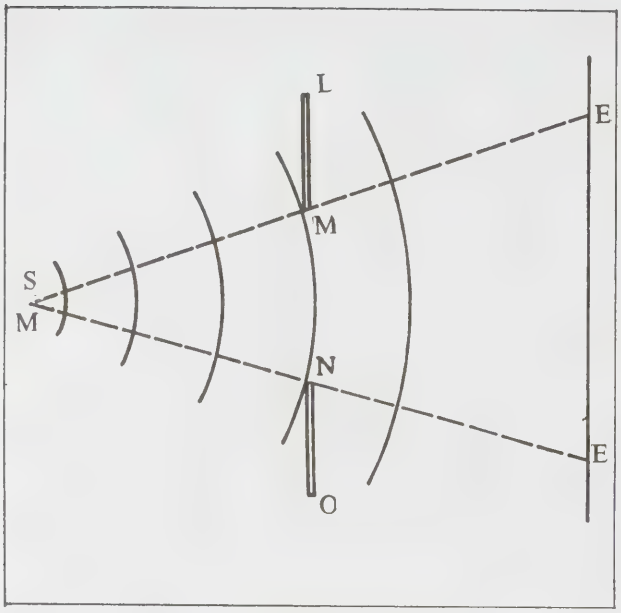
- ஹ. ந. இளங்கோவன்

நூலோதி: Hindustan publishing corporation, New Delhi. 1983. ராணி கந்தசாமி, தென்னிந்திய மீன்கள்; தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் சென்னை; 1973; V.G. Jhingran, Fish and Fisheries of India.

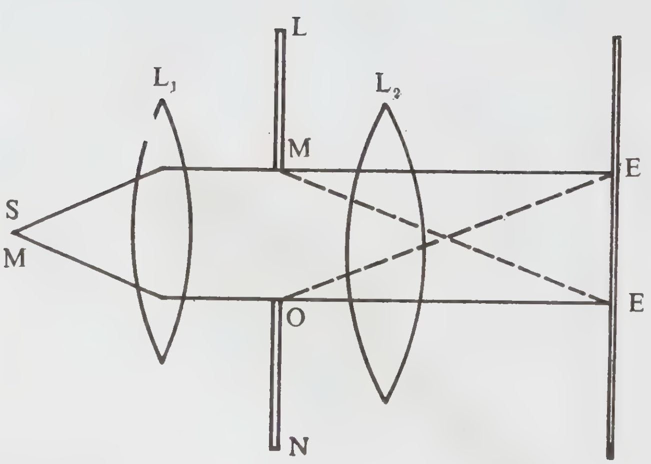
ஒளிக்கோட்டம்

ஒளியோ மற்ற அலைகளோ ஒரு தடைப்பொருளின் நிழலை ஏற்படுத்தி அதன் சிறு பகுதியைக் கவர்ந்து கொள்வதோ தடைப்பொருளின் விளிம்பு அருகே வளைந்து செல்வதோ கோட்ட விளைவு அல்லது விளிம்பு விளைவு (diffraction) எனப்படும். இவ்விளைவினைத் தெளிவாகத் தெரிந்துகொள்ளத் தடைப் பொருளைக் கடந்து சென்ற அலைகளின் செறிவுப் பங்கீட்டினைக் கணக்கிட வேண்டும். மின்காந்த அலைகளின் பல பிரிவுகளான நுண்ணலைகள், அகச் சிவப்புக் கதிர்கள், புற ஊதாக் கதிர்கள், எக்ஸ் கதிர்கள் ஆகியவையும் இக்கோட்ட விளைவினை ஏற்படுத்துகின்றன என்றாலும் கட்புலனாகும் ஒளியின் கோட்ட விளைவினை மட்டுமே காண வேண்டும்.

கோட்ட விளைவின் இரு வகை. ஒளிக்கோட்டம், ப்ரான் கோபர் ஒளிக்கோட்டம், ப்ரெனெல் ஒளிக் கோட்டம் என்று இரு முக்கிய பிரிவுகளாக வகுக்கப் படுகிறது. ப்ரான்கோபர் வகையில் ஒளித்தோற்று வாயும், படிவத்தைக் காணப்பயன்படுத்தும் திரையும் கோட்ட விளைவை ஏற்படுத்தும் தடைப் பொருளி லிருந்து மிகத் தொலைவில் இருக்கும்.



படம் 1. ப்ரெனெல் விளைவு



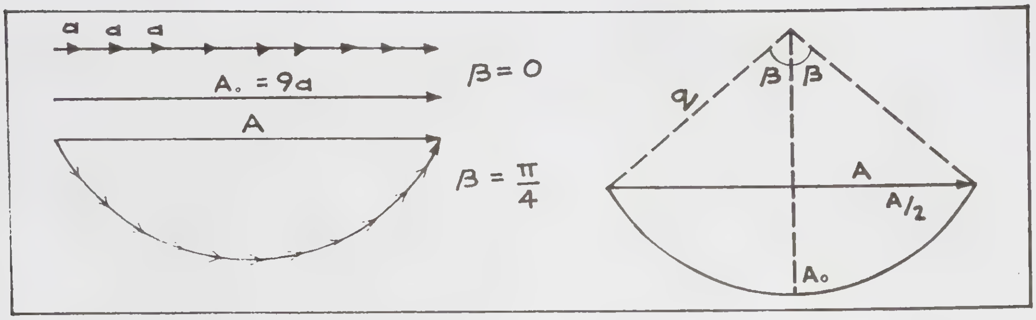
படம் 2. ப்ரான்கோபர் விளைவு

இவ்வகையினைத் தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் ஒளியினை ஒரு குவிவில்லை கொண்டு இணைக் கற்றைகளாக மாற்றியும், திரையில் விழுமுன் மற்றொரு, குவிவில்லையால் ஒளியினைக் குவித்தும் நடைமுறைப் படுத்தலாம்.

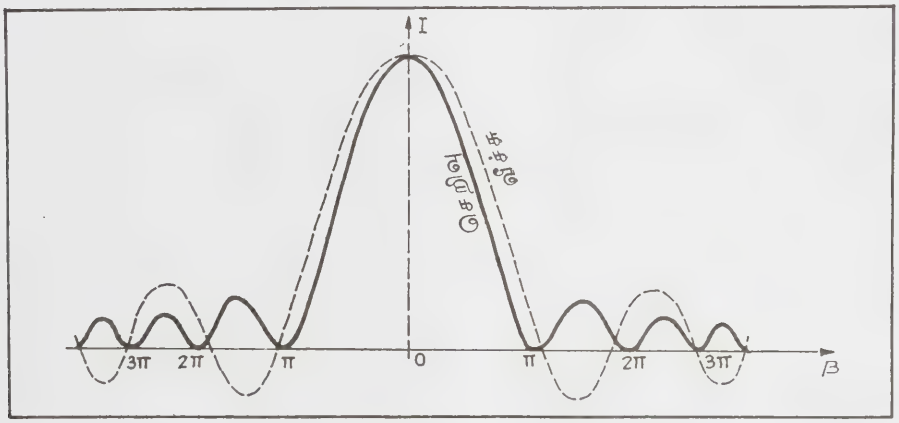
மாறாக, ப்ரெனெல் விளைவில் ஒளித் தோற்றுவாயும், திரையும் கோட்ட விளைவினை ஏற்படுத்தும் தடைப் பொருளிலிருந்து குறிப்பிட்ட தொலைவிலிருக்கும். எனவே, இவ்விளைவினைக் காணக் குவி வில்லைகள் தேவைப்படா. இதனால் இங்கே அலை முகப்பு நேர் தளமாக இல்லாமல் விரிந்து காணப் படுவதால், ப்ரெனெல் விளைவினைப் பற்றிய ஆய்வு சற்றுக் கடினமாகும்.

ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம். இவ்விளைவினை விளக்குவதற்காக ஒரு செவ்வக வடிவப் பிளவினை எடுத்துக் கொள்ளலாம். இதன் நீளம் அகலத்தை விட மிக அதிகமாகும். இதன் நீளவாட்டம் இத் தாளின் பக்கத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கவேண்டும். இப்பிளவு ஒற்றை நிற இணை ஒளிக் கற்றையினால் ஒளியேற்றப்படுகிறது. இதற்குக் குவிவில்லை L_1 உதவி புரியும். மற்றொரு குவிவில்லை L_2 ஆல் ஒளி திரையிலோ புகைப்படத் தாளிலோ குவிக்கப் படலாம். அங்கே ஒளிக்கோட்ட வரிகள் கிடைக்கும். பிளவின் அகலத்தை மாற்றினால் கோட்ட வரிகளும் மாறும். பிளவு ஒரு குறிப்பிட்ட அகலத்திற்குமேல் மாற்றப்பட்டால் கோட்டப்படிவத்தில் தெளிவு இராது. இந்நிகழ்வை விளக்க ஹைஜயனின் (Huygen) துணை அலைக்குட்டிகளுக்கான கொள்கை பயன்படும். துணை அலைக்குட்டிகளின் குறுக்கீட்டு விளைவால் தான் கோட்டப் படிவங்கள் உண்டாகின்றன. இதைத் தெளிவுபடுத்த பிளவிலிருந்து தோன்றும் எல்லாத் துணை அலைக் குட்டிகளின் வீச்சுகளைத் திசையன் முறையில் கூடுதல் செய்ய வேண்டும். இம்முறைக்கு அதிர்வு வளைவு முறை என்று பெயர்.

அதிர்வு வளைவு முறை. இம்முறையில் பிளவின் அகலத்தினை ஓரளவிற்கு அதிக எண்ணிக்கையில், சான்றாக ஒன்பது என்ற சம அளவில் பிரிக்கலாம். ஒவ்வொரு பிரிவும் திரையில் வெவ்வேறு கலையுடன் சமவீச்சுகளை அளிக்கும். ஒரு திசையன் படத்தினை அமைத்துத் திரையில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஏற்படும் வீச்சு மற்றும் கலையின் தொகுபயனைக் காணலாம். ஒவ்வொரு சமவீச்சும் a ஆகவும், ஒன்று மற்றதிலிருந்து tanδ அளவிற்குச் சரிந்திருப்பதாகவும் கொண்டால் a, δ ஆகியவற்றின் மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருக்கும். அதாவது திசையன் படம் ஒரு வட்டத்தின் வில்லைப் போன்றிருக்கும். தொகுபயன் வீச்சு அவ்வில்லின் நாணிற்குச் சமமாகும். அத்தகைய தொடர் வளைவுக் கோடுதான் அதிர்வு வளைவுக்கோடு எனப்படுகிறது. எல்லா அதிர்வுக் கூறுகளும் சம கலையில் இருக்கும்போது வில்லின் நீளம் A_o (= 9a) ஆக இருக்கும். இம்மதிப்பு அச்சுக்கோடு திரையைச் சந்திக்கும் புள்ளியில் இருக்கும். அச்சில் இல்லாத ஒரு புள்ளியில் தொகுபயன் வீச்சு Aக்கும், A_oக்கும் உள்ள தகவு நாணிற்கும் வட்டவில்லிற்கும் உள்ள தகவிற்குச் சமம். β என்பது பிளவின் எதிரெதிர் மூலையிலிருந்து வரும் அலைகளின் கலைவேறுபாட்டில் பாதி எனக் கொண்டால் வில் தாங்கும் கோணம் 2β ஆகும். வில்லின் ஆரம் q எனக் கொண்டால் $\text{Sin}\ \beta = \dfrac{A/2}{q}$



படம் 3. அதிர்வுவளைவு முறை



படம் 4. ஒற்றைப்பிளவு செறிவு பங்கீடு

அதாவது $\mathbf{A} = 2q \text{ Sin } \beta$

எனவே $\dfrac{\mathbf{A}}{\mathbf{A_o}} = \dfrac{\text{நாண்}}{\text{வில்}} = \dfrac{2q \text{ Sin}\beta}{q\, 2\beta} = \dfrac{\text{Sin } \beta}{\beta}$

செறிவு $\mathbf{I} = \mathbf{A}^2 = \mathbf{A}_o^2 \;\dfrac{\text{Sin}^2\beta}{\beta^2}$

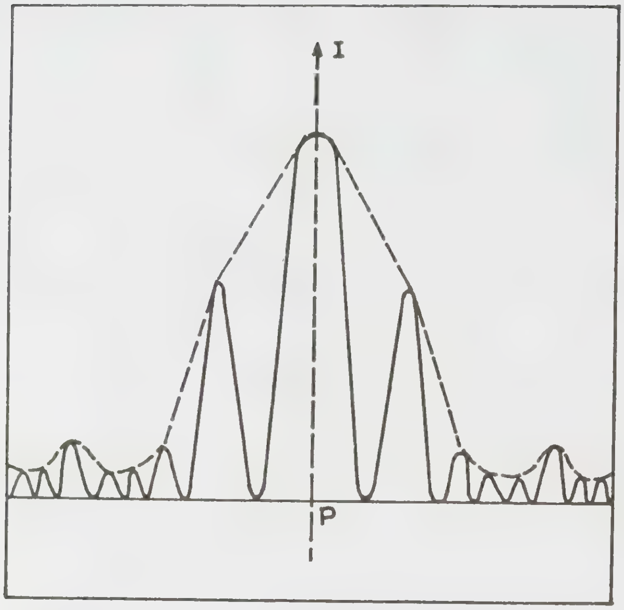
படம் 4 இச்சமன்பாடுகளை விளக்குகிறது. விட்டுவிட்டு வரையப்பட்ட கோடு வீச்சினையும், தொடர்கோடு செறிவினையும் காட்டுகிறது. β சுழி மதிப்பைப் பெறுகையில் $\dfrac{\text{Sin } \beta}{\beta} = 1$ அதாவது எல்லா அலைக்குட்டிகளும் சமகலையில் இருக்கும் போது $\mathbf{A}=\mathbf{A_o}$ ஆகும்.

$\mathbf{A_0}^2$ என்பது படிவத்தின் மையத்தில் உள்ள உயர் செறிவினைக் குறிக்கும். இந்த முக்கிய உயர் செறிவிலிருந்து $\beta = \pm\pi, \pm 2\pi + \ldots + m\pi$ என்ற மதிப்பீடுகளுக்குச் செறிவு சுழி மதிப்பினைப் பெறுகிறது. துணை உச்சச் செறிவுகள் தோராயமாக

$\beta = \dfrac{3\pi}{2}, \dfrac{5\pi}{2}, \dfrac{7\pi}{2} \ldots\ldots$ என்ற மதிப்பீடுகளுக்குக் கிடைக்கும். மேலும் துணை உச்சச் செறிவுகள் முக்கிய உச்சச் செறிவிலிருந்து மிக விரைவாகக் குறைந்தும் காணப்படும். நடைமுறையில் முக்கிய உச்சச் செறிவுடன் ஓரிரு துணை உச்சச் செறிவுகளையே காண முடியும்.

இரட்டைப் பிளவில் ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம். இம்முறையிலும் அதிர்வு வளைவுக்கோடு முறையில் தொகுபயன் வீச்சைக் காணலாம். பிளவின் அகலம் a என்றும் இரு பிளவிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு b எனவும் கொள்ளலாம். காட்டப்பட்டுள்ள செறிவின் பங்கீட்டுப் படம் 5, 2a=b என்ற சமன்பாட்டிற்கு உரியது. விட்டு விட்டு வரையப்பட்ட வளைவுக் கோடு இரு பிளவிற்கான கோட்ட விளைவுப் படிவமாகும். தடிமனான தொடர் வளைவுக் கோடு இரு பிளவுகளிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிக்குறுக்கீட்டு விளைவுப் படிவமாகும்.

படிவத்தினைக் கூர்ந்து நோக்குகையில் இரண்டு முடிவுகள் தெளிவாகின்றன. இரு பிளவுகளில் ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து வரும் துணை அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவினை நிகழ்த்துகின்றன. இரு பிளவுகளிலிருந்து தனித்தனியாக வரும் துணை அலைகள் கோட்டப் படிவத்தினை நிகழ்த்துகின்றன. எனவே தான் கோட்டப்படிவமும் அதனுள் குறுக்கீட்டுப் படிவமும் கிடைக்கின்றன. ஒற்றைப் பிளவு முறையில் நடுவான பெரும நிலையில் தற்போது சமதொலை விட்டக்குறுக்கீட்டுப் பெருமமும், சிறுமமும் கிடைக்கின்றன. தற்பொழுது உள்ள நடுப்பெருமம், செறிவில் ஒற்றைப் பிளவில் கண்ட நடுப்பெருமத்தைவிட

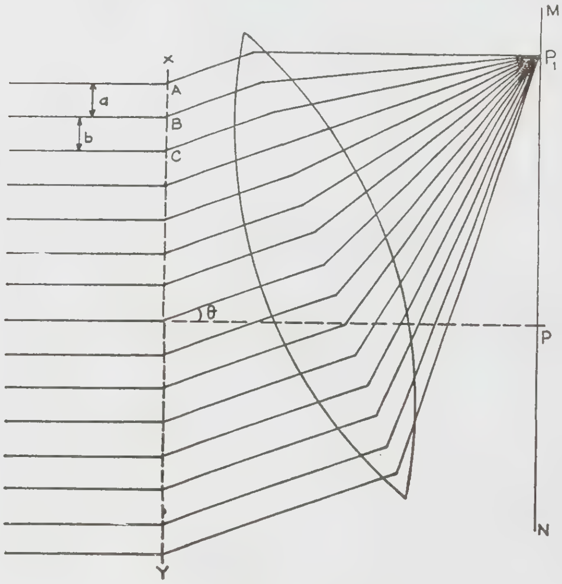


படம் 5. செறிவு பங்கீடு - இரட்டைப்பிளவு

நான்கு மடங்கு அதிகம். துணைப் பெருமங்களிலும் கூடக் குறுக்கீட்டுப் பெருமமும் சிறுமமும் காணப்படு கின்றன. குறுக்கீட்டுப் பெருமச் சிறுமங்களின் இடை வெளி a,b இவற்றின் மதிப்பினைப் பொறுத்தது. a,b இவற்றின் சில குறிப்பிட்ட மதிப்பீடுகளுக்குக் குறுக் கீட்டுப் பெருமங்கள் கிடைக்காமல் போகின்றன.

தளக்கோட்ட விளைவுக் கீற்றணி. கோட்டக் கீற்றணி என்பது எண்ணற்ற சிறு பிளவுகளைப் பக்கவாட்டில் அடுக்கி வைத்திருக்கும் அமைப்பிற்குச் சமமாகும். அத்தகைய அமைப்பில் ஒளியலைபட்டு மீளும்போது கோட்டப்படிவம் கிடைக்கின்றது. ஜோசப் ப்ரான் கோபர் முதன் முதலில் எண்ணற்ற மெல்லிய கம்பிகளைப் பக்கவாட்டில் அடுக்கி ஒரு கீற்றணியை உருவாக்கினார். தற்போது கண்ணாடிப் பரப்பில் சம தொலைவுள்ள இணையான வரிகளை நுண்ணிய வைரமுனை கொண்டு ஏற்படுத்திக் கீற்றணி தயாரிக்கப்படுகிறது. வரிகள் ஒளியைத் தடுக்கவும், இடை வெளிகள் ஏற்கவும் செய்கின்றன. இத்தகைய கண்ணாடிக் கீற்றணிகள் நடைமுறையில் மிகக் குறைவு. மாறாக இவற்றின் புகைப்பட நகல்கள் தாம் கீற்றணிகள் செய்யப்பயன்படுகின்றன. இவ் வாறே எதிரொளிப்புக் கீற்றணிகளும் உள்ளன. ஆய்வுக்கூடத்தில் பயன்படும் கீற்றணிகளில் வரிகளின் எண்ணிக்கை ஒரு செண்டிமீட்டருக்கு ஆறாயிரம் ஆகும்.

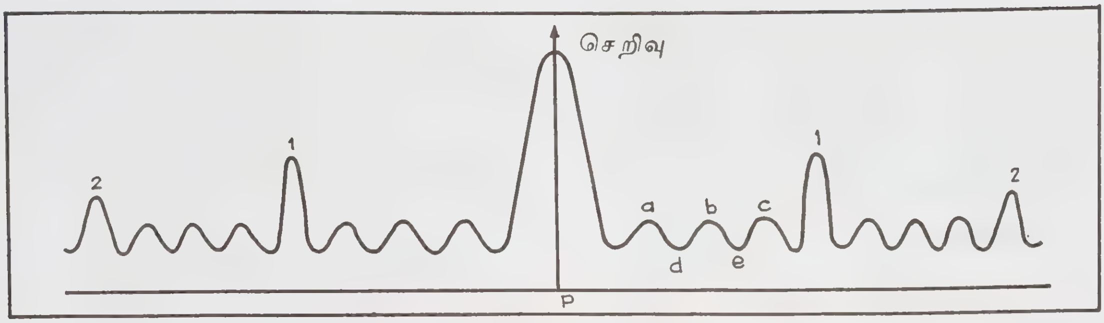
கீற்றணியின் படிவத்தினை விளக்க மேற்கூறிய அதிர்வு வளைவு முறையினை மீண்டும் பயன்படுத்த லாம். இருப்பினும் எளிய கணக்கீடு முறையில் அதன் சிறப்பியல்புகளாவன: a என்பது பிளவின் அகலமாகவும், b இரு பிளவிற்கு இடைப்பட்ட தொலைவாகவும் கொள்ளலாம். ஒருதள ஒற்றை நிற அலைமுகப்பு கீற்றணியில் செங்குத்தாகப் படுவதாகக் கொண்டால், அவை கீற்றணியில் ஊடுருவி அச்சுப்புள்ளியில் ஒரு நடு ஒளிப் பெருமத்தினை ஏற்படுத்தும். அச்சில்லாத மற்றொரு புள்ளி படுதிசையிலிருந்து θ கோணம் சரிந்து (படம் 6) காணப்பட்டால் அப்புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிச்செறிவு அங்கு வந்தடையும் அலை களின் பாதை வேறுபாட்டினைப் பொறுத்தது. பாதை வேறுபாடு $(a+b)\sin\theta = n\lambda$ ஆனால் அப் புள்ளி பெருமச் செறிவினைக் கொண்டிருக்கும்.



படம் 6. கீற்றணி ஒளிக்கோட்டம்

$n=1,2$ ...... என்ற மதிப்புகளுக்கு θ_1, θ_2...... பெருமச் செறிவுத் திசைகளாகும். ஒற்றை நிற ஒளியின்றி, வெண்ணிற ஒளி பயன்படுத்தப்பட்டால், மத்திய பெருமத்தின் இருபுறமும் நிறமாலைகள் பல்வேறு படிகங்களில் தோன்றும். மேற்கண்ட கோணத்தினை $\frac{\lambda}{N}$, $\frac{2\lambda}{N}$, $\frac{3\lambda}{N}$ என்று அதிகரிக்கத் துணைச்சிறுமங்கள் காணப்படும். இங்கே N என்பது கீற்றணி வரிகளின் எண்ணிக்கை, இரண்டு முதன்மைப் பெருமத்திற் கிடையே N-1 துணைச்சிறுமங்களும் N-2 துணைப் பெருமங்களும் காணப்படும். கதிரின் படுகோணம் செங்குத்தாகஇல்லையென்றாலும் இதனைப் போன்ற கணக்கீடுகளினால் படிவத்தினை விளக்கலாம்.

கீற்றணி, ஆய்வுக் கூடத்தில் நிறமாலை வரிகளின் அலை நீளங்களைக் காணப் பெரிதும் உதவுகிறது. கீற்றணி மூலம் கிடைக்கும் நிறமாலை மிகுந்த செறி வுடன் காணப்படாவிட்டாலும் மிகத்தூய்மையாக இருக்கும். மேலும் கீற்றணியின் பகுதிறன் மிக அதிகம்.



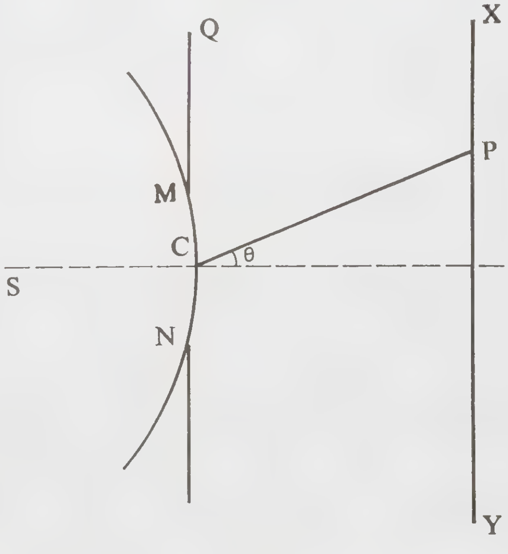
படம் 7. ஒளிக்கோட்டப் படிவம் கீற்றணி

பகுதிறன். ஓர் ஒளியியல் கருவியின் பகுதிறன் என்பது அருகருகே உள்ள இரு பொருள்களின் பிம்பங்களைத் தனிப்படுத்திக் காட்டும் திறனாகும். வடிவ ஒளியியல் விதிகளின்படி ஒரு தொலைநோக்கி அல்லது நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் என்பது எந்த அளவிற்கு அது சிறிய புள்ளியின் வடிவத்தைக் காண முடியும் என்பதாகும். ஆனால் கொள்கை அளவில் பகுதிறனுக்கு முடிவு கட்டுவது கோட்ட விளைவு தான். கோட்ட விளைவின்படி எந்த ஒரு பொருளுக்கும் வடிவம் ஒரு புள்ளியாக இல்லாமல், குறிப்பிட்ட அகலத்துடன் உள்ள நடுப்பெருமத்துடன் கூடிய ஒரு படிவமாகும். எனவே இரு பொருள்களின் இடையே உள்ள தொலைவு கோட்டப்படிவத்தின் பிம்பங்களைத் தனிப்படுத்திப் பார்க்க இயலாது. ஒரு படிவத்தின் நடுப்பெருமம் மற்றதன் முதல் துணைச்சிறுமத்துடன் இணைந்திருக்குமானால் அவ்விரு வடிவங்களும் பகுக்கப்பட்டுள்ளனவாகக் கருதப்படும் என்பது லார்டு ரெலே என்பாரின் கோட்பாடாகும். இக்கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்திப் பல்வேறு ஒளியியல் கருவிகளின் பகுதிறனைக் காணலாம். தொலைநோக்கியின் பகுதிறன் பொருளருகு வில்லையின் விட்டத்தினைப் பொறுத்திருக்கும். நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனை அதிகரிக்கப் பொருளருகு கருவியின் இடைவெளி எண் மதிப்பை அதிகரிப்பதும் பொருளை ஒளிப்படுத்தும் ஒளி அலைநீளத்தைக் குறைப்பதுமாகும். இடைவெளி எண் மதிப்பை அதிகரிக்க எண்ணெய் மூழ்கிப் பொருளருகு கருவியினைப் பயன்படுத்துவதும், பொருளை ஒளிப்படுத்தப் புற ஊதாக் கதிர்களைப் பயன்படுத்துவதும் நடைமுறையில் உள்ளன. இக்கருத்தின் அடிப்படையிலேயே எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

முப்பட்டகம் அல்லது கீற்றணியைப் பொறுத்தவரை பகுதிறன் என்பது அடுத்தடுத்த இரு நிறமாலை வரிகளைப் பிரித்துக் கொடுக்கும் திறனாகும். முப்பட்டகத்தின் பகுதிறன் அதன் அடிப்பக்கத்தின் நீளத்தினையும் குறிப்பிட்டபட்டகப் பருப்பொருளுக்கு நிறத்தினை ஒட்டிய ஒளிவிலகல் எண் மாறும் விகிதத்தினையும் பொறுத்தது. கீற்றணியின் பகுதிறன் அதன் வரி எண்ணிக்கையையும், நிறமாலையின் படியினையும் பொறுத்தது.

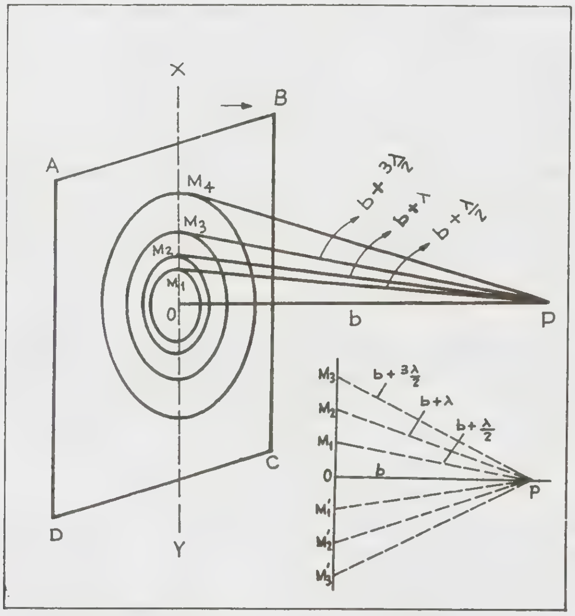
ப்ரெனெல் ஒளிக்கோட்டம். ப்ரெனெல் 1815 இல் ஹைஜயனின் அலைக் குட்டிகளையும் ஒளிக் குறுக்கீட்டு விளைவினையும் கொண்டு முதன்முதலில் ஒளிக்கோட்டத்தையும், ஒளியின் நேர்கோட்டுப் பரவலையும் விளக்கினார். ப்ரெனெலின் முக்கிய கோட்பாடுகளாவன அலைமுகப்பு பல மண்டலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு ப்ரெனெல் மண்டலங்கள் என வழங்கப் படுகின்றன. ஒரு புள்ளியில் செறிவு என்பது பல்வேறு மண்டலங்கள் ஏற்படுத்தும் துணை அலைகளின் வீச்சுத் தொகுப்பினைப் பொறுத்தது. ஒரு புள்ளியில் காணப்படும் செறிவு மண்டலத்திருந்து புள்ளி எவ்வளவு தொலைவிலிருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்தது. மேலும் மண்டலத்தைப் பொறுத்துப் புள்ளி தாங்கும் கோணத்தையும் பொறுத்தது. அலைமுகப்பின் பின்னோக்குப் பரவலைத் தவிர்ப்பதற்காக, ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் செறிவிற்கு $(1+\cos\theta)$ நேர்விகிதத்திலிருக்கும். இதில் θ என்பது புள்ளி அச்சுக்கோட்டுடன் தாங்கும் கோணமாகும் (படம் 8),

ப்ரெனெலின் அரை அலைவு நேர மண்டலங்கள். ஒளிக்கோட்ட விளைவினை ப்ரெனெல் முறையில் புரிந்துகொள்ளப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டைக்



படம் 8. ப்ரெனெல் விளைவு

குறிப்பிடலாம். ABCD என்ற ஒரு தள அலை முகப்பு இத்தாளின் பக்கத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது. இவ்வலை முகப்பிலிருந்து b தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியில் ஏற்படும் தொகுபயன் செறிவினைக் காணலாம். இதற்காக ப்ரெனெல் அலைமுகப்பைப் பல அரை நேர மண்டலங்களாகப் பிரித்தார். P ஐ மையமாகக் கொண்டும் $b + \frac{\lambda}{2}$, $b + \frac{2\lambda}{2}$, $b + \frac{3\lambda}{2}$ ...... ஆரங்களாகக் கொண்டும் கோணங்களை வரைய, அது அலைமுகப்பில் OM_1, OM_2,... என்ற வட்டப்பரப்புகளை ஏற்படுத்தும். இந்த வட்ட மண்டலங்கள் ஒவ்வொன்றும் மற்றதிலிருந்து π கலை மாற்றத்தை அல்லது $\frac{\lambda}{2}$ பாதை வேறுபாட்டைக் கொண்டது.எனவே P என்ற புள்ளியை வந்தடையும் துணை அலைகள் ஒவ்வொன்றும் மற்றதிலிருந்து $\frac{\lambda}{2}$ பாதைவேறுபாட்டுடன் இருக்கும்.



படம் 9. ப்ரெனெரின் அரைநேர மண்டலங்கள்

படம் 9 இலிருந்து ஒவ்வொரு அரை நேர மண்டலத்தின் பரப்பினையும், ஆரத்தினையும் காணலாம். ஒவ்வொரு அரை நேர மண்டலமும் $\pi b \lambda$ பரப்பினைக் கொண்டது. இப்பரப்பு ஒளியின் அலை நீளத்தினையும், செறிவு காணப்படும் புள்ளியின் தொலைவினையும் பொறுத்தது என்பது தெளிவு. மேலும் அரை நேர மண்டலங்களின் ஆரங்கள் இயற்கை எண்களின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். அதாவது

$$r_1 = \sqrt{b\lambda}\ ;\ r_2 = \sqrt{2b\ \lambda}\ ;\ r_3 = \sqrt{3b\ \lambda}.$$

ஒவ்வொரு அரை நேர மண்டலங்களிலிருந்து P ஐ வந்தடையும் அதிர்வு வீச்சுகளை m_1, m_2, m_3...... எனக் கொண்டால், தொகுபயன் வீச்சு $A = m_1 - m_2 + m_3 - m_4 + \ldots\ldots \pm m_n$ நேர் எதிர்க் குறிகள் கலை வேறுபாட்டினை ஒட்டி இங்கே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன மேலும் $m_1 > m_2 > m_3 > m_4 \ldots$

$$\text{அதாவது } A = \frac{m_1}{2} + \left(\frac{m_1}{2} - m_2 + \frac{m_3}{2}\right) + \left(\frac{m_3}{2} - m_4 + \frac{m_5}{2}\right) + \ldots\ldots$$

$$\text{ஆனால் } \frac{m_1}{2} + \frac{m_3}{2} = m_2;\ m_4 = \frac{m_3}{2} + \frac{m_5}{2}$$

எனவே $A = \frac{m_1}{2} + \frac{m_n}{2}$ ஒற்றை எண்ணாக இருப்பின்

$A = \frac{m_1}{2} + \frac{m_{n-1}}{2}$ இரட்டையாகஇருப்பின்

n அதிக எண்ணிக்கையிலிருக்கையில் m மதிப்பு மிகவும் குறைவு என்பது வெளிப்படை. எனவே, தொகுபயன் வீச்சு $A = \frac{m_1}{2}$. செறிவு $I = \frac{m_1^2}{4}$ அதாவது P இல் ஒளிச்செறிவு முதல் அரை நேர மண்டலத்தின் செறிவில் நான்கில் ஒரு பங்கு.

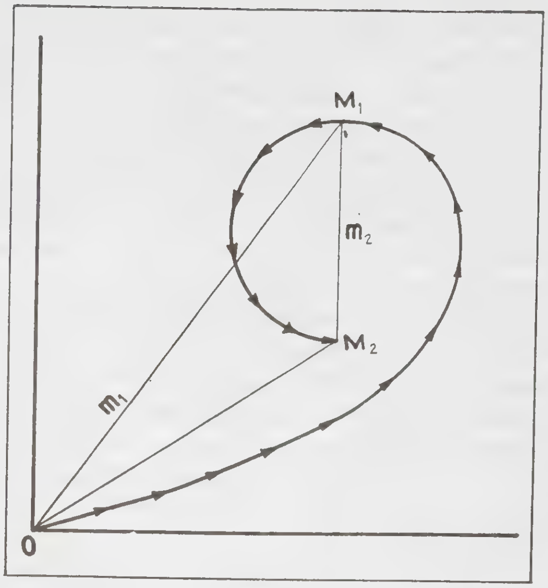
மண்டலத்தட்டு. மேற்கூறிய கொள்கையினை நிறுவும் வகையில் மண்டலத்தட்டு அமைக்கப் பட்டுள்ளது. ஒன்றுவிட்டு ஒன்று அரைநேர மண்டலம் ஒளியினைத் தடுக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ள திரை, மண்டலத் தட்டாகும். இத்திரையினை அமைக்க, ஒரு வெள்ளைத்தாளில் இயற்கை எண்களின் இருமடி மூலங்களை ஆரங்களாகக் கொண்டு ஒரே மையமுள்ள பல வட்டங்கள் வரைய வேண்டும். ஒற்றை எண் மண்டலங்கள் முழுதும் கறுப்பு மையினால் மூடப்பட்டு அதன் நிழற்படத்தைச் சிறிய அளவில் எடுக்க வேண்டும். நிழற்படத்தின் எதிர்ப்படியில் ஒற்றை மண்டலங்கள் ஒளி ஏற்கவும் இரட்டை மண்டலங்கள் ஒளியைத் தடுக்கவும் செய்யும். இத்தகைய மண்டலத்தட்டினை ஒரு ஒளித் தோற்றுவாய்க்குச் செங்குத்தாக அமைத்து அதனை நகர்த்திக் கொண்டே வந்தால், ஒருசில நிலைகளில் P என்ற புள்ளியில் கூடுதல் ஒளி கிடைக்கும். புள்ளி அலை முகப்பிலிருந்து இருக்கும் தொலைவு $= \frac{r_n^2}{n\lambda}$. ஒளித் தோற்றுவாய் மண்டலத்தட்டிலிருந்து தொலைவிலிருக்கையில் ஓர் ஒளி மிகுந்த புள்ளி P இல் கிடைக்கிறது. ஒளித் தோற்றுவாய்

தொலைவிலிருக்கையில் மண்டலத்தட்டைப் பொறுத்தவரை அலை முகப்புத் தளமாக இருக்கும். எனவே தொகுபயன் வீச்சு (இரட்டை மண்டலங்கள் ஒளியினைத் தடுக்கும்போது) $A = m_1 + m_3 + m_5 + \ldots$ அதாவது முழு மண்டலம் ஏற்படுத்தும் செறிவினை விட மிகுதி. இங்கே மண்டலத் தட்டின் குவியத் தொலைவு $f_n = b = \frac{r_n^2}{n\lambda}$ அதாவது மண்டலத் தட்டிற்கு ஒளி அலைநீளத்தினை ஒட்டிப் பல குவியப் புள்ளிகள் உண்டு. ஆக மண்டலத்தட்டு, பல குவியங்கள் உள்ள ஒரு குவி வில்லைக்கு ஒப்பாகும். வெள்ளை நிற இணை ஒளியை மண்டலத் தட்டினூடே ஏற்க வெவ்வேறு நிறங்கள் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் குவிவதைக் காணலாம். ஆனால் இங்கு குவிவில்லையைப் போலில்லாமல், ஊதா ஒளிக்குக் குவியத்தூரம் மிகையாகவும், சிவப்பு ஒளிக்குக் குறைவாகவும் இருக்கும்.

கார்னு சுழல்வளையங்கள். ப்ரான்கோபர் ஒற்றைப் பிளவுக் கோட்ட விளைவினைக் காண்கையில் அதிர்வு வளைவு முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. அங்கே அலைமுகப்பு தளமாகவும், தடைப்பொருள் மிகக் குறுகலாகவும், செவ்வகமாகவும் இருந்தன. இங்கே தடைப்பொருள் வட்டமாகவும் அலை முகப்பு விரிந்தும் காணப்படும் பொழுது அலைமுகப்பினைப் பிரித்துத்தொகுபயன் வீச்சு முறையினைக் காணலாம்.

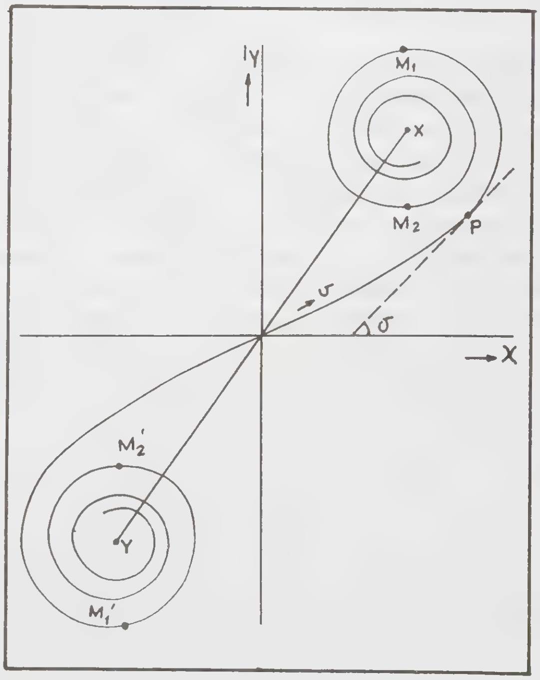
கோளவடிவ அலைமுகப்பு ஒன்று, ஒரு புள்ளியில் செறிவினை ஏற்படுத்துவதாகக் கொள்ளலாம். இவ்வலை முகப்பினை ப்ரெனெல் கூற்றுப்படி பல மண்டலங்களாகப் பிரிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, முதல் மண்டலம் எட்டுத் துணைப்பிரிவுகளாகப்பிரிக்கப்பட்டுப் படத்தில் (10) O விலிருந்து M_1 வரை காட்டப்பட்டுள்ளது. சாய்வினைப்பொறுத்துக் கலை மாறுபாடும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதல் அரை நேர மண்டலத்தின் தொகுபயன் வீச்சு OM_1 ஆகும். இம்மாதிரியே M_1M_2 என்ற மற்றோர் அதிர்வு வளைவுகோடு வரையப்பட்டுள்ளது.

OM_2, முதல்இரண்டு அரைநேர மண்டலங்களின் வீச்சுத் தொகுபயனாகும். எட்டுப்பிரிவுகளாகப் பகுக்காமல், எண்ணற்ற பிரிவுகளாக்கிக் கொண்டால் அதிர்வு வளைவுக்கோடு சரியான விளைவினைப் பெறும். படம் 11 இல் முழு அலைமுகப்பிற்கும் வளையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கு கார்னு சுழல் வளையங்கள் என்று பெயர். இங்கே X,Y அலைமுகப்பின் எல்லைப் புள்ளிகளைக் காட்டுகின்றன. M என்ற புள்ளிகள் அலைமுகப்பின் அலை நேர மண்டலங்களின் முனைகளைக் காட்டுகின்றன. எந்த ஒரு வளையப்புள்ளிக்கும் உள்ள கலை மாறுபாடு δ, v^2 என்ற தொலைவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் என்பது இப்படத்தின் சிறப்பு ஆகும்.



படம் 10. அதிர்வு வளைகோடு

இத்தொலைவு 0 விலிருந்து அளக்கப்படும். இத்தகைய கார்னு சுழல்வளையங்கள் கோட்ட விளைவுக் கணக்கீடுகளுக்குப் பயன்படுகின்றன. மேலும் தடைப் பொருளிலிருந்து தோற்றுவாய், திரை எத்தொலைவிலிருப்பினும், ஒளி அலையின் எல்லா அலைநீளத்திற்கும் இம்முறையைப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 11. கார்னு சுழல்வளையம்

ஒலிமற்றும் நுண்ணலைக் கோட்ட விளைவு. செவ்வக, வட்டவடிவ இடைவெளிகளில் கண்ட ஒளிக் கோட்ட விளைவு ஒலி மற்றும் நுண்ணலைகளுக்கும் பொருந்தும். வட்டவடிவமுள்ள ஒரு ரேடியோ ஒலி பெருக்கி கோட்ட விளைவுப் படிவங்களை ஏற் படுத்தும். அப்படிவம் ஒலி பெருக்கியின் விட்டத்தை யும் அது ஏற்படுத்தும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணையும் பொறுத்திருக்கும். இதனால் திறந்த வெளியிலோ ஓர் அறையிலோ ஒலியின் பண்பு வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வெவ்வேறு விதமாக இருக்கும். மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு, பரவளைவு எதிரொலிப்பு மூலம் நுண்ணலை பரவுதலைக் கவனித்தால் தெரியும். நுண்ணலையின் அலைநீளத்திற்கேற்பக் கோட்ட விளைவுப் படிவங்கள் மாறும். ஒளி அலைகளைப் போலல்லாமல், ஒலி மற்றும் நுண்ணலைக் கோட்ட விளைவுப் படிவங்கள், செவ்வக ஆயப்புள்ளி களல்லாமல் போலார் ஆயப்புள்ளிகள் வைத்து வரையப்படுகின்றன.

- சீ. இராஜன்

ஒளிச்சிதறல்

ஒளிக்கதிர் பாயாத நிலையில் காற்றில் மிதக்கும் நுண்துகள்களைக் காண இயல்வதில்லை. ஒளிக் கதிரைத் தடுத்துச் சிதறச் செய்யத் துகள்கள் இல்லாத இடத்தில் பாய்ந்து செல்லும் ஒளிக்கதிரைக் காண முடிவதில்லை.

டிண்டால் விளைவு. ஒளியானது அலை நீளத்தில் மாற்றம் எதுவும் அடையாமல் ஒரு துகளில் மோதித் திரும்புதலே ஒளிச் சிதறல் (scattering of light) எனப் படும். துகள்கள் அளவில் பெரியனவாக இருந்தால் ஒளிச் சிதறலும் அதிகமாக இருக்கும். காய்ச்சி வடித்த தூய நீர் வழியோ படிக மூலக்கூறுகளின் கரைசல் வழியோ பாய்ந்து செல்லும் மெலிந்த ஒளிக்கற்றை, நடைமுறையில் எதிர்ப்படும் நுண் துகள்களால் சிதறி விடுவதில்லை. நீர் அல்லது படிகக் கரைசலில் ஒளி பாய்ந்து செல்லும் திசைக்கு நேர் கோணத்திலிருந்து பார்க்கும்போது அவ்வொளியைக் கண்கள் காண்பதுமில்லை. அத்தகைய நீர்மங்களை ஒளித்தெளிவு (optically clear) கொண்டவை எனக் கூறலாம். ஆனாலும், ஒளிக் கற்றை 100 nm (100×10^{-9} மீட்டர்) குறுக்களவு கொண்ட பெருந் துகள்களைக் கொண்டுள்ள கூழ்மக் கரைசலூடே செல்லும்போது ஒளிக் கற்றை மோதிச் சிதறுவது நன்கு புலனாகிறது. ஒளிக்கற்றை செல்லும் திசைக்கு நேர்கோணத்திலிருந்து அந்தக் கரைசலைப் பார்த் தால் ஒரு கூம்பு வடிவ ஒளி தெளிவாகக் காட்சி தருகிறது. படிகக் கரைசலுக்கும், கூழ்மக் கரை சலுக்கும் ஒளிப் பண்பைப் பொறுத்துக் காணும் இந்த வேறுபாட்டை 1868 இல் டிண்டால் என்பார் விளக்கினார். எனவே இந்நிகழ்வு டிண்டால் விளைவு எனப்படுகிறது.

ஒளிச் சிதறலும் மீநுண்ணோக்கியும். ஒளிச்சிதறலை அடியாகக் கொண்டு நுண் துகள்களைக் காணும் முறையினை, இன்று எளிய நுண்ணோக்கிக் கருவி களால் காண இயலாதவாறு அளவில் மிகச் சிறிதாக இருக்கும் துகள்களையும் காண்பதற்கெனப் படைக்கப் பட்டுள்ள மீநுண்நோக்கிகளில் (ultra microscopes) பயன்படுத்தி வருகின்றனர். ஒளிக்கற்றை செல்லும் திசைக்கு நேர் கோணத்தில் இருந்தவாறு பார்த்தால் சிதறுண்டு வரும் ஒளியினைக் கொண்டு அத்துகளை எளிதில் இனங்கண்டு கொள்ளலாம்

ஒளிச்சிதறலும் நீலவானமும். புகை மண்டலம் போன்று, துகள்கள் செறிந்துள்ள பாதை வழி ஒளி பாய்ந்து செல்லும்போது ஒளியின் ஒரு பகுதி பட்டு மீள்வதாலும் (reflection) புகுந்து விலகுவதாலும் (refraction) எல்லாத் திசையிலும் ஒளி சிதறுண்டு செல்கின்றன. வளிமத்தின் மூலக்கூறுகள், ஒளியலை நீளத்தினும் நுண்ணியவாக உள்ள நிலையில், ஓரளவு ஒளியைச் சிதறச் செய்கின்றன. ஒளிச்சிதறலின் அளவு ஒளிப்பாதையிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக் கையையும், ஒளியின் அலை நீளத்தையும் பொறுத்து அமைகிறது. ஊதா அல்லது புற ஊதா போன்று குறைந்த நீளம் கொண்டுள்ள ஒளிகள் சிவப்பு, அல்லது அகச்சிவப்புப் போன்ற அதிக அலை நீளம் கொண்ட ஒளிகளை விட மிகுதியான அளவில் சிதறு கின்றன. இதன் விளைவாகப் பொருள்கள் கண் ணுக்குத் தோன்றா வகையில் மூடு பனி நிறைந்துள்ள பகுதிகளில் அகச்சிவப்பு உணர்வு கொண்ட ஒளிப் படத் தட்டினைக் (infrared sensitive film) கொண்டு படம் எடுக்க முடியும். நீலவானக் காட்சிக்கு ஒளிச் சிதறல் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் டிண்டால் முதன் முதலில் விளக்கம் கூறினாலும், 1871 இல் லார்டு ராலே என்பவரே கணித அடிப்படையில் ஒளி அதிர்வெண் துகள்களின் எண்ணிக்கை, ஒளி விலக்க எண் போன்ற கூறுகளைத் தொடர்பு படுத்தி விளக்கமளித்தார். அதனால் இந்நிகழ்வு ராலேஒளிச் சிதறல் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. பொதுவாக ஒளிச்சிதறலோடு ஒளி முனைவாக்கமும் வெவ்வேறு அளவில் நிகழ்தலை நீலவானம் காட்டுகிறது.

ஒளிச்சிதறல் பற்றிய ராலே சமன்பாடு பின் வருமாறு:

$$r^3 \, I(\theta)/I_0 = \pi d \lambda^{-4} \, v^2 \, (1 + \cos^2\theta/(n-1)^2)$$

இங்கு $I(\theta)$ ஒரு λ அலைநீளம் கொண்ட படு கதிரிலிருந்து சிதறிவரும் ஒளியின் செறிவாகும். I_0 என்பது r தொலைவில் உள்ள சிதறல் ஒளியின் செறிவு. d என்பது ஒளியைச் சிதறச் செய்யும் துகள் களின் எண்ணிக்கை. v என்பது படுகதிரினைத்

தடுத்துச் சிதறச் செய்யும் துகள்களின் பருமன். n என்பது பாய்மத்தின் ஒளி விலக்க எண்ணாகும். cos θ என்னும் உறுப்பு ஒளி முனைவாக்கம் பெறாத படுகதிரில் உள்ளதாகும். இங்கு θ என்பது சிதறு கோணம் ஆகும். ராலே சமன்பாடு அவோகாட்ரோ எண் N_A அல்லது பாய்மத்தின் மூலக்கூறு நிறை M ஆகியவற்றுள் ஒன்று தெரிந்தால் மற்றதைக் கணக்கிட உதவுகிறது.

சிதறும் ஒளியின் செறிவு படுகதிரின் அலை நீளத்தின் நான்கு மடியைப் பொறுத்துள்ளதென்பதை ராலே சமன்பாடு தெளிவாக்குகிறது. இவ்வுண்மையே பகற் காலத்தில் வானம் நீலமாகவும், சூரியன் மறைவு நேரத்தில் சிவப்பாகவும் தோன்றுவதற்கு அடிப்படையாக அமைகின்றது. காற்றின் மூலக் கூறுகள் சிவப்பு நிற ஒளியினைவிட நீல நிற ஒளியினை மிகுதியாகச் சிதறச் செய்கின்றன. சூரியன் மறைவின் போது செந்நிற ஒளி சிதறாமல் நேராக நம் கண்களை வந்து அடைகின்றது.

காலை நேரத்திலும் மாலை நேரத்திலும் தூசிப் படலங்கள் மிகுதியாகச் சூழ்ந்திருப்பதால் காலை, மாலை வேளைகளில் சூரியன் சிவந்து தோற்றமளிக்கிறது.

- சு. மகாதேவன்

ஒளிச்செறிவு

ஒரு தோற்றுவாயால் ஓரலகுத் திண்மக் கோணத்தில் வெளியிடப்படுகிற ஒளிப்பாயம் அதனுடைய ஒளிச் செறிவு எனப்படுகிறது. ஓர் ஒளிமூலத்தின் மொத்த ஒளிப்பாயம் (luminous flux) F என்க. ஒளி மூலத்தின் ω திண்மக் கோணம் கொண்ட ஒரு பரப்பின் மேல் இந்த ஒளியாற்றல் விழுமாயின் F/ω என்பது அப் பரப்பின் ஒளிச் செறிவு எனப்படும். பல சமயங்களில் ஒளிச்செறிவு லூமென் என்ற அலகிலும், மெழுகுத் திறன் (candle power) என்ற அலகிலும் குறிக்கப் படும். ஒரு நொடியில் ஒரு மெழுகுத்திறன் அளவு ஒளி வீசும் சீரான ஓர் ஒளிப் புள்ளி மூலத்திலிருந்து ஓரலகுத் திண்மக் கோணமுள்ள பரப்பின் மேல் விழும் ஒளியின் அளவு ஒரு லூமென் எனப்படும்.

ஒளிச்செறிவு அனைத்துலகச் செந்தர மெழுகுத் திறன் என்ற அலகாலும் அளவிடப்படுகிறது. இந்தச் செறிவின் படித்தர அளவைக் கொடுக்கும் மாதிரி மூலங்கள் டெட்டிங்டன் தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்திலும் வேறு நாடுகளில் அதனையொத்த நிலையங்களிலும் பாதுகாப்பாக வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவை செந்தர நிலைகளில் இயங்குகிற மின் விளக்குகள். இந்தச் செறிவானது செந்தரமான ஈரப்பதன், அழுத்தம் ஆகியவற்றில் எரிகிற ஒரு வெர்னான் ஹார்கூர்ட் பென்ட்டேன் விளக்கின் (vernon Harcourt pentane lamp) சுடருக்குச் செங்குத்தான திசையிலுள்ள ஒளிச்செறிவில் பத்தில் ஒரு பங்கு ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் இந்த அளவைப் போல n மடங்கு செறிவுள்ள ஓர் ஒளிமூலம் அத்திசையில் n வத்தித்திறன்களைக் கொண்டதாக விவரிக்கப்படுகிறது.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. G.R Noakes, *A Text Book of Light*, Macmillan, London, 1965.

ஒளிச்சேர்க்கை

இது சில பாக்டீரியா, பாசிகள், பசுமை நிறத்தாவரங்கள் ஆகியவை தம் இலை முதலிய பசுமை உறுப்புகளிலுள்ள பச்சையம் என்னும் நிறமியின் துணை கொண்டு சூரிய ஒளியிலிருந்து ஆற்றலை உறிஞ்சி, நீரையும் கார்பன் டை ஆக்சைடையும் கூட்டிச் சர்க்கரை அல்லது மாவுப்பொருளாகிய கார்போஹைட்ரேட்டைத் தயாரிக்கும் செயலாகும். ஒளியின் உதவியால் பொருள்கள் சேர்க்கப்படுவதால் இதற்கு ஒளிச்சேர்க்கை (photosynthesis) என்று பெயர். தாவர உறுப்புகள் முக்கியமாக இலைகள் பச்சையாக உள்ளமையால் ஒளிச்சேர்க்கை, இலைகளிலும் பச்சை நிறம் கொண்ட பிற தாவர உறுப்புகளிலும் நடைபெறும்.

தாவரங்களில் நடைபெறும் ஒளிச்சேர்க்கை உலகில் வாழும் அனைத்து உயிர்களுக்கும் அடிப்படைத் தேவையாகும். இதன் மூலம் தாவரங்கள் தங்களுக்கு வேண்டிய உணவுப் பொருளைத் தயாரித்துக் கொள்வதோடு அனைத்து உயிர்களுக்கும் இவற்றை அளிப்பதால், உயிரியல் முதல் தேவையை நிறைவு செய்கின்றன. சூரிய ஆற்றலில் உள்ள இயங்கு ஆற்றல் நிலை ஆற்றலாகத் தாவரங்களில்தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. தாவரங்களை உண்ணும் பிற உயிரினங்களில் இந்நிலை ஆற்றல் மீண்டும் இயங்கு ஆற்றலாக மாறி, வாழ்க்கைச் செயல்கள் நடைபெற உதவுகிறது. விலங்கினங்களில் உள்ள அடிப்படைப் பொருள்களிலொன்றான கரிமப்பொருள்கள் பசுந்தாவரங்களிலிருந்தே கிடைக்கின்றன. உயிரினங்களில் நடைபெறும் சிக்கலான பல்வேறு வேதிச் செயல்களனைத்தும் ஒளிச்சேர்க்கையிலுண்டான முதற்பொருள்களைத்தேவைக்கேற்ப மேலும் மாற்றம் செய்வதேயாகும். இதனால் தாவரங்களில் முதலில் உண்டாகும் சர்க்கரைப் பொருள்களே பின்னர் பல தனிமங்களுடன் சேர்ந்து கார்போஹைட்ரேட், புரதம் கொழுப்பு முதலியவையாக ஆகவும், அவற்றாலான வேறு உயிர்ப் பொருள்களுக்கு மூலமாகவும் உள்ளன.

வரலாறு. பசுந்தாவரங்களில் நடைபெறும் ஒளிச் சேர்க்கையின் தன்மை பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில்தான் அறிவியல்உலகத்திற்கு விளங்கிற்று. 1772 இல் பிரிஸ்ட்லி என்னும் ஆங்கிலேய வேதியியலார், விலங்குகளில் செய்த ஆய்வுகளில், அவை வெளியிடும் கார்பன் டைஆக்சைடு தாவரங்களால் தூய்மைஅடைந்து மீண்டும் விலங்கினங்கள் வாழ்வதற்கேற்ற வகையில் மாற்றமடைகிறதெனக் கண்டார்.

இன்கென்-ஹௌஸ் என்னும் ஆஸ்திரிய மருத்துவர் 1774 இல் தாம் செய்த ஆய்வுகளிலிருந்து, கார்பன் டைஆக்சைடு தூய்மையாவற்குத் தாவரங்களிலுள்ள பச்சை நிறமிகளே காரணம் என்பதையறிந்தார். 1814 இல் டிசோசூர் என்னும் பிரெஞ்சு அறிவியலார், இச்செயலின்போது கார்பன் டைஆக்சைடும் நீரும் உட்கொள்ளப்பட்டுச் சூரிய ஒளியால் வேதி மாற்றம் செய்யப்பெற்று ஆக்சிஜன் வெளியேற்றப்படுகிறது என்று கண்டறிந்தார். இதனால் தாவரத்தின் எடை கூடுகிறதென்றும் கண்டுபிடித்தார். பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் நடந்த பல ஆய்வுகளின் பயனாக ஒளிச்சேர்க்கை உணவுப்பொருளைத் தொகுக்கும் செயலென்றும் முதலில் இதில் ஸ்டார்ச் என்னும் மாவுப்பொருள் உண்டாகிறதென்றும் தெளிவாயின. பல ஆண்டுகளாக ஆய்வுகள் தொடர்ந்து நடைபெற்றும் இதன் முழு நுட்பம் இதுவரை முற்றிலும் உணரப்படவில்லை.

தேவையான பொருள்கள். இச்செயலில் தாவரங்கள் சேர்க்கும் பொருள்கள் கார்பன் டைஆக்சைடும் நீரும் ஆகும். நிலத்தடி நீர் வேர்களால் உறிஞ்சப்பட்டுத் தண்டு இலைக்காம்பு வழியாக இலையின் மையப்பகுதியிலுள்ள நடுச்சோற்றுச் செல்களை வந்தடைகிறது. தாவரங்கள் எடுத்துக்கொள்ளும் நீரில் ஒரு பகுதி மட்டுமே உணவு தயாரிக்கப் படுன்படுகிறது. எஞ்சியுள்ள நீரில் ஒரு பகுதி இலை, தண்டு முதலிய உறுப்புகள் தளர்வுறாமல் பருத்தோ நிமிர்ந்தோ அகன்றோ இருப்பதற்குப் பயன்படுகிறது. பெரும்பகுதி நீர் இலைத்துகள் வழியாக ஆவியாக மாறிக் காற்றில் கலந்து விடுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான கார்பன் டைஆக்சைடு முழுதும் காற்றிலிருந்தே பெறப்படுகிறது. காற்றில் இதன் அளவு மிகக்குறைவு (0.03%) விலங்குகளும். தாவரங்களும் மூச்சுவிடுவது, பொருள் சிதைந்து அழிவது, எரிவது போன்றவற்றால் கார்பன் டைஆக்சைடு தோன்றிக் காற்றில் கலக்கிறது.

பொதுவாகக் காற்றும் கடலும் சேர்ந்து காற்றிலுள்ள கார்பன் டைஆக்சைடின் அளவைச் சமநிலையில் வைக்கின்றன. ஒரு தாவரத்தின் எடையில் 45% கார்பன் பொருளாகும். தாவரம் தனக்குத் தேவையான கார்பனைக் காற்றிலுள்ள கார்பன் டைஆக்சைடிலிருந்தே பெறுகிறது. கார்பன், ஆக்சிஜன், ஹைட்ஜன், நிலத்தடிநீர் வழியாக வந்த சில தனிமங்கள் தாவரங்களுக்கு மிகவும் தேவையான வேதிப்பொருள்கள் ஆகும். தங்களுக்கு வேண்டிய உணவுப் பொருள்களை இம்மூலப்பொருள்களிலிருந்தே தாவரங்கள் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. இலைத் துளைகள் வழியாகக் கார்பன் டைஆக்சைடு இலைக்குள் வருகிறது. மையப்பகுதிச் செல்களில் உள்ள நீரில் கார்பன் டைஆக்சைடு கரைந்து நீருடன் பச்சையத்தை வந்தடைகிறது.

செயல்படுத்தும் காரணி. தாவரங்களில் நீரையும் கார்பன் டைஆக்சைடையும் சேர்க்கும்காரணிபச்சையம் ஆகும். இதில் பசுங்கணிகள் (chloroplasts) உள்ளன. பசுங்கணிகம், செல்லிலுள்ள சைட்டோப்பிளாசத்திலான, அடர்த்தி மிக்க நுண் உறுப்பாகும். கீழ்நிலைத் தாவரங்களில் பசுங்கணிகம் பெரியதாகவும், மேல்நிலைத் தாவரங்களில் மிகச்சிறியதாகவும் இருக்கும். பொதுவாக இது இலையிலுள்ள கிராதியடுக்குச் (palisade layer) செல்களில் மிகுதியாக இருக்கும். பச்சையாக உள்ள பிற உறுப்புகளிலும் இதைக் காணலாம்.

கார்பன், புரதம், ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன், சிறிது மக்னீசியம் ஆகியவை கொண்ட பச்சையம் சிக்கலானதாகும். இதில் இரும்பும், ஒளியும் தேவைப்படும். ஒளியற்ற இடத்தில் வளரும் தாவரங்களில் பச்சையம் குறைவதால் இலைகள் வெளுத்து விடும். பச்சையத்தில், பச்சையம்$_a$, பச்சையம்$_b$, என இரு வகைப்பொருள்களுள்ளன. பச்சையம்$_a$ நீலப் பச்சை நிறத்துடன், மிகுதியாக இருக்கும். பச்சையம்$_b$, மஞ்சள் பச்சை நிறம் கொண்டது. இவற்றின் வேதிய வாய்பாடு:

பச்சையம்$_a$ - $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$

பச்சையம்$_b$ - $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ஆகும்.

இரத்தத்திலுள்ள ஹீமோகுளோபினையொத்த பச்சையத்தில் மக்னீசியம் உள்ளது. ஹீமோகுளோபினில் இரும்பு உள்ளது. இவ்விருவகைப் பச்சையங்களிலும் உடனொளிர்தல் (fluorescence) என்னும் இயற்பியல் பண்பு உள்ளது. பச்சையம் வழியாகச் சூரிய ஒளி ஊடுருவி வரும்போது ஒரு நிறமாகவும், இதிலிருந்து எதிரொளித்து வரும்போது வேறு நிறமாகவும் தோன்றும். பச்சையம் ஆல்கஹாலில் கரையும். மேல் நிலைத் தாவரங்களில் பச்சையத்தோடு கரோட்டின், இலைமஞ்சள் என்னும் இரு நிறமிகள் உள்ளன. கரோட்டீனில் கார்பனும் ஹைட்ரஜனும் அடங்கியுள்ளன. இலை மஞ்சளில் கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆக்சிஜன் மூன்றுமுள்ளன. இவை ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பெரிதும் பயன்படுவதில்லை. தாவரங்களில் காணும் மஞ்சள் நிறத்திற்கு இவையே காரணமாகும். விலங்குகளுக்கு மிகத் தேவையான வைட்டமின் A கரோட்டின் அமைப்பை ஒத்தது. இதிலிருந்து தான் வைட்டமின் A உண்டாகிறது. இலை முதிர்ந்து

பழுத்தாலும் பச்சையம் மறைந்தாலும் மஞ்சள் நிற மிகள் நிலைத்திருக்கின்றன.

பொதுவாகப் பச்சையம் உண்டாவதற்குச் சூரிய ஒளி தேவையானாலும், பாசி, பாசம், பெரணி, ஊசி யிலைத் தாவரம் ஆகியவை இருட்டிலிருந்தாலும் பச்சையம் உண்டாகும். தாவரங்கள் தொகுக்கும் கார்போஹைட்ரேட்டில் கார்பன்டைஆக்சைடு, நீர் இவை இருந்தாலும் பச்சையம் அவற்றுடன் சேர்ந் திருப்பதில்லை. ஒளிச்சேர்க்கையின்போது இது குறைவதுமில்லை. எனவே இதை ஒரு செயலூக்கி யென்றே கொள்ளலாம்.

ஆற்றல் மூலம். கார்பன் டைஆக்சைடு, நீர் ஆகிய வற்றின் மூலக்கூறுகளைச் சிதைத்து வேறு புதிய சேர்மத்தைத் தயாரிப்பதற்கு ஆற்றல் வேண்டும். இருட்டிலுள்ள ஒரு தாவரத்தில், ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான பிற அனைத்துப் பொருள்களுமிருந்தும் இச்செயல் நிகழ்வதில்லை. சூரிய ஒளியிருந்தால்தான் நடைபெறுகிறது. எனவே ஒளிச்சேர்க்கைக்கு வேண்டிய ஆற்றல் சூரிய ஒளியிலிருந்தே கிடைக்கிறது.

சூரிய ஒளியே தாவரங்களுக்கு வேண்டிய ஒளி முழுதும் வழங்கினாலும், விளக்கு வெளிச்சம் போது மான செறிவும் பண்பும் கொண்டிருந்தால் அதிலும் ஒளிச்ரேக்கை நடைபெறலாம். கட்புலன் ஒளியில் ஏழு நிறமான கதிர்கள் உள்ளன. (காண்க, ஒளிபுற ஊதாக்கதிர் நிறமாலையியல்) அவற்றுள் பச்சையம் அகச்சிவப்புக் கதிர்களையும், நீலக்கதிர்களையும் உட்கவர்ந்து அவற்றிலுள்ள ஆற்றலைக் கொண்டு ஒளிச்சேர்க்கை நடத்துகிறது.

ஒளிச்சேர்க்கை மங்கலான ஒளியிலும்நடைபெறக் கூடும். ஆனால் ஒளிர் ஒளியில்தான் முழு வீச்சில் நடைபெறும். அளவுக்கு விஞ்சிய ஒளியில் இதன் விரைவு குறையும். ஒளிச்செறிவுக்கேற்றவாறு பலசூழ் நிலைகளில் தாவரங்கள் வாழ்கின்றன. மிகு ஒளித் தாவரம், மித ஒளித்தாவரம், குறை ஒளித்தாவரம் எனப் பலவகையுண்டு. பொதுவாக ஒளிச்சேர்க்கை 6°C - 45°C வரையில் உள்ள வெப்பச்சூழ்நிலை யில் நடந்தாலும் முழு வீச்சு ஒளிச்சேர்க்கை நடை பெற வெப்பம் 30°செ ஏற்றதென்று கருதப்படுகிறது.

விளைவுப்பொருள். ஒளிச்சேர்க்கையின் இறுதியில் குளுகோஸ் உண்டாகிறது. இச்செயல் பல நிலை களில் நடைபெறுகிறது. முதல் நிலையில் ஒளி தேவைப்படும். பின்னர் நிகழ்பவை ஒளியிலும், இருளி லும் நடைபெறும். முதலில் நிகழ்வன ஒளிவினைகள் அல்லது ஒளி வேதிச் செயல்கள் (light reactions or photochemical reactions). அடுத்து நடப்பவை இருள் வினைகள் அல்லது நொதி வேதியியல் செயல்கள் (dark reactions or enzyme reactions) எனப்படுகின் றன. இச்செயல்களின் முடிவில் மூலக்கூறுகள் ஒன்று சேர்ந்து இறுகுதல் அல்லது கூட்டுறுப்பாதல் நிலை யடைகின்றன. இதில் ஆறு மூலக்கூறு கார்பன்டை ஆக்சைடும் ஆறு மூலக்கூறு நீரும் சேர்ந்து ஒரு மூலக் கூறு குளுக்கோஸும் ஆறு மூலக்கூறு ஆக்சிஜனும் உண்டாகின்றன.

$$6CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

இச்செயலில் உள்ளேற்கப்படும் கார்பன் டை ஆக்சைடு அளவும், வெளிவரும் ஆக்சிஜன் அளவும் சமமாகும்.

இலையின் செல்களில் சர்க்கரை மிகுதியாக இருந்தால் ஒளிச்சேர்க்கை வீச்சுக்குறைந்து தடைப் படும். அவ்வாறு தடைப்படாமல் தொடர்ந்து செயல் பட இச்சர்க்கரைப்பொருள் ஸ்டார்ச் என்னும் மாவுப்பொருளாக மாறிவிடுகிறது. குளுக்கோசிலிருந்து நீர் குறைந்தால் ஸ்டார்ச் உண்டாகிறது. இச் செயல் நொதியினால் நிகழ்கிறது.

$$C_6H_2O_6 \xrightarrow{-H_2O} C_6H_{10}O_5$$

தொகுக்கப்படும் சர்க்கரையோ ஸ்டார்ச்சோ இலையில் சேர்த்து வைக்கப்படாமல் தாவரத்தின் வேர், தண்டு முதலிய உறுப்புகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படும். இலையிலுள்ள ஸ்டாச்சு சர்க்கரையாக மாற்றப்பட்டுச் சாற்றின் வழியாகக் குழாய்களால் பிற உறுப்புகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டு அங்கு சர்க்கரை மீண்டும் ஸ்டார்ச்சாக மாற்றப்பட்டுத் தேக்கிவைக்கப்படுகிறது. டயாஸ்ட்டேஸ் என்னும் நொதி ஸ்டார்ச்சைச் சர்க்கரையாக மாற்றுகிறது. உமிழ்நீரிலுள்ள டயலின் என்னும் நொதி இவ் வகையைச் சார்ந்ததேயாகும்.

உடன் விளைவு. ஒளிச்சேர்க்கையால் வெளிவரும் ஆக்சிஜன் அனைத்து உயிர்களுக்கும் பயன்படுகிறது. உயிரிகள் மூச்சுவிடுவதற்கும். பொருள்கள் எரிவதற்கும் இயற்கையில் நடைபெறும் பல்வேறு ஆக்சிஜனேற்றச் செயல்களுக்கும் பயன்படுகிறது.

பாக்டீரியாவும் ஒளிச்சேர்க்கையும். பாக்டீரியா கார்பன் டைஆக்சைடு நீர் இவற்றைச் சேர்த்து உணவுப்பொருளைத் தயாரிக்கலாம். ஒருசில பாக்டீரி யாக்கள் பிற தாவரங்களைப் போலவே சூரிய ஒளியைப் பயன்படுத்துகின்றன. மேலும் சில அம்மோனியா, ஹைட்ரஜன்சல்ஃபைடு, கந்தகம், கார்பன்மோனாக்சைடு, ஹைட்ரஜன், இரும்பு கார்பனேட் போன்ற பொருள்களை ஆக்சிஜனேற்றித் தேவையான ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இவ்வகைப் பாக்டீரியாவில் ஒளியைக் கவரும் சில வகை நிறமிகள் உண்டு. பச்சைப் பாக்டீரியா, நீலக்கந்தகப் பாக்டீரியாக்களில் பாக்டீரியா விரிடின் அல்லது பாக்டீரியாகுளோரின் என்னும் நிறமிகள் உள்ளன. இவை பச்சையம் a ஐ ஒத்தவை. ஊதாப் பாக்டீரியாவில் இப்பச்சை நிறமி கரோட்டினால் மறைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தாவரங்களில் பொதுவாக ஒளிச்சேர்க்கையின் உடன் விளைவாக ஆக்சிஜன் வெளிவரும். பாக்டீரியா வில் ஆக்சிஜன் வருவதில்லை. ஆனால் கந்தகம் வெளி வருகிறது.

பயன். ஒளிச்சேர்க்கை மனிதன் உள்ளிட்ட அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் மிகவும் இன்றிய மையாதது. எளிய தாதுப் பொருள்கள் உயிரினங் களுக்கு மிகத் தேவையான கரிமப் பொருள்களாக மாறுவதற்கு இச்செயல் உதவுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கை முறையைப் பயன்படுத்தியே வேளாண்மைத்தொழில் பல வழிகளிலும் முன்னேறியுள்ளது. அனைத்து உயிர்களுக்கும் தேவையான உணவுப்பொருள், ஆக்சிஜன் முதலானவற்றையளிப்பதுடன் மனிதனுக்கு வேண்டிய உடை, வீடு கட்ட மரம் பல்வேறு கைத் தொழில்களுக்குப் பயன்படும் செல்லுலோஸ், ஆல் கஹால், ரப்பர் போன்ற செயற்கைப் பொருள் களையும் ஒளிச்சேர்க்கையே வழங்குகிறது.

தாவரங்கள், இவற்றின் பச்சையத்தில் நடக்கும் ஒளிச்சேர்க்கை, இதற்கு வேண்டிய ஒளி வழங்கும் சூரியன், ஒளிச்சேர்க்கையால் உண்டாகும் உணவுப் பொருள், இதைப் பயன்படுத்தும் உயிரினம், இவை வெளிவிடும் கார்பன் டைஆக்சைடு. இதைப்பயன் படுத்தி உணவு தயாரிக்கும் தாவரங்கள் என உயிருலகம் ஒரு வட்டத்தில் இயங்குவதைக் காணலாம்.

- பி. சம்பத்

ஒளித்திறமை

மின் விளக்குகளில் அமைந்துள்ள மின்னிழைகளில் மின்னோட்டம் சென்று உயர் வெப்ப நிலை அடைந்து ஒளிர்கின்றன. இது வெண்சுடர் நிலை (incandescence) எனப்படும். அவ்வாறன்றிச் சில பொருள்கள் குளிர்ந்த நிலையில் இருப்பினும் ஒளிரும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன. இந்நிலை தன் ஒளிர்வு (luminescence) எனப்படுகிறது.

பொருளில் திண்மம், நீர்மம், வளிமம் ஆகிய முந்நிலைகளிலும் ஒளிவிலக்கம் ஏற்படக்கூடும். ஆனால் பொருள்தரும் ஒளியின் தன்மை அந்தப் பொருளின் பண்பைப் பொறுத்திருக்கிறது. பொது வாகத் தன் ஒளிர்வு என்னும் நிகழ்ச்சி ஆற்றலை உட்கவருதல், கிளர்வூட்டல், நிறமாலையில் கட்புல னுக்குட்பட்ட அலை நீளங்களில் ஒளியாற்றலை வெளி யிடுதல் ஆகிய நிகழ்வுகளைப் பொறுத்தது. எடுத்துக் காட்டாகத் தொலைக் காட்சிப் பெட்டித் திரையில் ஒளிரும் விளக்கு, அடுக்கு அமைப்பில் ஏற்படும் ஒளி விலக்கம் ஆகும். இவற்றில் ஒளிர்வான் (phosphor) என்னும் பொருளைக் கிளர்வூட்டுவதால் ஒளி பெறப் படுகிறது. ஆனால் இவை ஒவ்வொன்றிலும் வெவ் வேறு கிளர்ச்சியூட்டும் முறை பயன்படுகிறது.

ஒளித் தன்னொளிர்வு (photo luminescence). ஒளி தரும் தன்மையுடைய சில பொருள்கள் சூரிய ஒளி ஆற்றலை உட்கவர்ந்து, அவற்றில் ஒரு நிறமுள்ள ஒளியை வெளிவிடும். எடுத்துக்காட்டாகத் துணிகளை வெண்மையாக்கப் பயன்படுத்தும் நீலம், இப்பண்பைக் கொண்ட சில கரிம மூலங்களைக் கொண்டுள்ளது. எனவே நீலம் போடப்பட்ட ஆடைகள் சூரிய ஒளி யில் உலர்த்தப்பட்டபின் வெண்மையுடன் தோற்ற மளிக்கின்றன.

எதிர்முனைத் தன்னொளிர்வு. இதில் ஓர் எலெக்ட் ரான் கற்றை, தன்னொளிர்வுப் பொருளின் மீது மோதும்போது அப்பொருள் ஒளிர்கிறது.

மின் தன்னொளிர்வு. இதில் தன்னொளிர்வுப் பொருள் மின் புலத்தில் வைக்கப்படும்போது ஒளிர் கிறது.

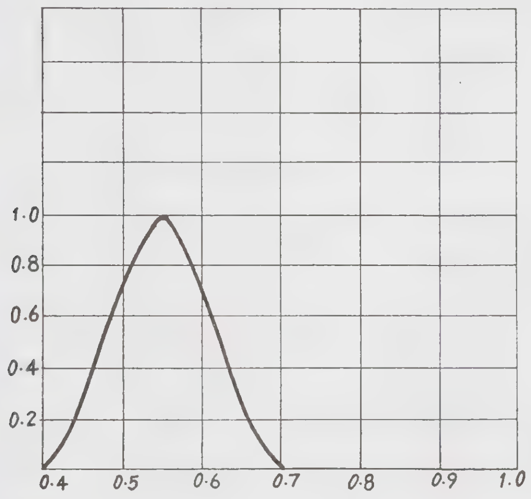
வேதியியல் தன்னொளிர்வு. இதில் வேதி வினைப் பயனாக ஒளியாற்றல் கிடைக்கிறது. எடுத்துக்காட் டாக லூமினால் என்னும் கரிமப் பொருள் ஆக்சிஜ னேற்றமாக்கக் கூடிய பொருளுடன் கலக்கப்படும் போது நீலநிற ஒளியை வெளிவிடுகிறது.

பல்வேறுபட்ட தன் ஒளிர்வு நிகழ்ச்சிகளை ஆராயும்போது இவற்றின் ஒளித்திறமை (luminous efficiency) வேறுபட்ட பல காரணிகளைப் பொறுத் திருக்கிறது என அறியலாம். ஆனால் பொதுவாக ஒளித்திறமையைக் கீழ்க் காணுமாறு வரையறுக்க லாம். ஒளித்திறமை என்பது வெளிப்படும் மொத்த ஒளிப்பாயத்திற்கும் (luminous flux) உள்ளிடப்பட்ட ஆற்றல் திறனுக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.

ஒளியூட்டுவதன் முக்கிய நோக்கம், கண்கள் எளி தாகத் தன்னொளிமிக்கப் பொருள்களிலிருந்து தன் னொளி குறைந்த பொருள்களை வேறுபடுத்திப் பார்ப் பதற்கு உதவுவதாகும். குறைவான ஒளி எதிரொளிக் கும் தன்மை கொண்ட பொருள்களின் விலக்கங்களைத் தெளிவாகக் கண்கள் உணர ஒளியூட்டுதல் தேவை யாகிறது. ஒளி என்பது பார்வை உணர்வைத் தூண்டும் தன்மைபெற்ற கதிர்வீச்சு ஆற்றல் என வரையறுக்கப் பட்டிருப்பதால், கண்களைப் பயன்படுத்தி ஒளி அள வீட்டு முறைகள் செய்யப்படுகின்றன. ஆனால் ஒரு மனிதனின் கண் மற்றொரு மனிதனின் கண்ணின் இயல்பிலிருந்து வேறுபட்டு இருப்பதால், அவை உணரும் நிறமாலை அலை நீளங்களின் இயல்பில் வேறுபட்டு இருக்கும். எனவே அனைத்துலக ஒளியூட் டும் குழு, ஒரு செந்தர நிறமாலை ஒளித்திறமை வளைகோட்டை ஏற்படுத்தியுள்ளது. இவ்வளைகோடு கதிர்வீச்சு மையத்திலிருந்து ஒளித்திறமைப் பாயத்தை உருவாக்கும் திறமையைக் குறிக்கிறது. இந்த வளை கோடு ஓர் இயல்பான கண்ணின் ஃபோட்டோபி

(photopic) பார்வையைக் குறிக்கின்றது. ஒளி மிகுந்த பகல் ஒளியில் ஒரு பொருளை நுட்பமாகக் காணும் ஓர் இயல்பான மனிதனின் பார்வை ஃபோட்டோபிக் பார்வை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

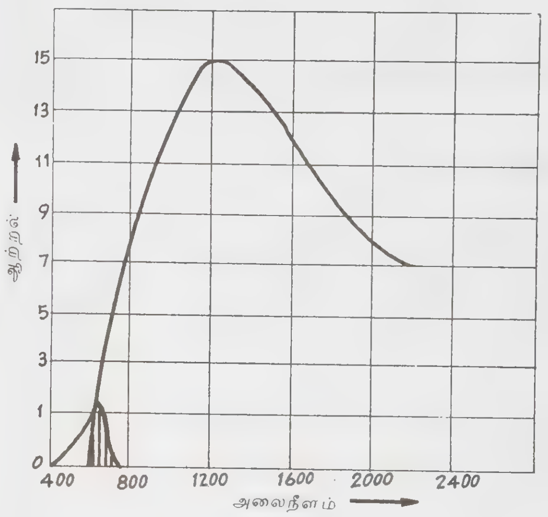
நிறமாலை ஒளித்திறமை வளைகோட்டை நன்கு உணர ஒளிப்பயன் (luminous efficacy) பற்றி அறிய வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தில் உள்ள ஒளித்திறமைக்கும், அதே அலை நீளத்தில் உள்ள கதிர்வீச்சுத் திறனுக்கும் இடையேயுள்ள தகவே ஒளிப்பயன் எனப்படும். அலைநீளத்திற்கும் இத் தகவிற்கும் இடையே வரையப்படும் வளை கோடே மனிதப் பார்வை முறையின் இயக்கத்தைக் குறிக் கிறது (படம் 1). 300-76 nm க்கு அப்பாற்பட்ட அலைநீள எல்லைகளில் இந்த ஒளிப்பயன் சுழியாகிறது. இந்த எல்லைகளுக்கு இடைப்பட்ட மத்திய அலை நீளப் பரப்பில், இதன் மதிப்பு பெருமத்தை அடை கிறது.



படம் 1

நிறமாலை ஒளித்திறமை. கதிர்வீச்சுப் பாயத்தின் நிறமாலை ஒளித்திறமையை ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளத்திற்குரிய ஒளிப்பயனுக்கும் பெரும மதிப்பின் ஒளிப் பயனுக்கும் இடையேயுள்ள தகவு என வரையறுக்கலாம். அதாவது அனைத்து அலை நீளத்திற்கும் உரிய ஒளித் திறமை மதிப்புகளை அதன் பெரும மதிப்பால் வகுக்க அந்தந்த அலைநீளத்திற் குரிய ஒளித்திறமை கிடைக்கும்.

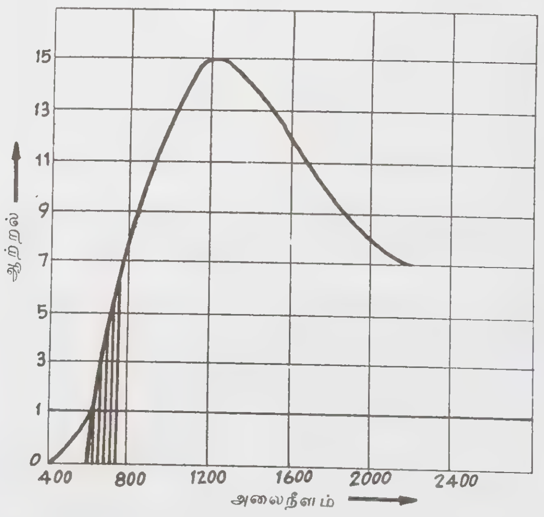
ஒரு டங்ஸ்டன் மின்னிழை விளக்கிற்குரிய நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோட்டைக் (படம் 2) குறிக்கிறது. 400 - 750nm வரையுள்ள கோடிட்ட பகுதி கட்புலனுக்குட்பட்ட கதிர்வீச்சுத் திறனைக் குறிக்கிறது. ஆனாலும் இதிலிருந்து நிறமாலை பயனுறுதிறனைப் பெற இயலாது. ஏனெனில் அலை நீளமாறுபாட்டால் கண்களின் பார்வை உணர் திறனும் மாறுபடுகிறது.



படம் 2.

படம் 1 இலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்திற்கு (vλ) படம் 2 Y இலிருந்து, ஆய மதிப்பை எடுத்துக் கொண்டு, இவ்விரண்டையும் பெருக்கினால் கிடைக்கும் எண் மதிப்பு ஒரு புதிய பகிர்வு வளைகோட்டை அளிக்கிறது (படம் 3).

படம் 3 இல் கோடிட்ட பகுதி, தோற்றுவாயின் ஒளி வெளிப்படுந்திறனைக் குறிக்கின்றது. இப்பகுதியின்



படம் 3

பரப்பிற்கும் பெரிய வளைகோட்டின் பரப்பிற்கும் இடையேயுள்ள தகவே ஒளித்திறமை எனப்படு கிறது. பொதுவாக இம் மூன்று வரைபடங்களிலிருந் தும் ஒரு பொருளின் ஒளித்திறமை கணக்கிடப்படு கிறது.

- கே. சௌந்தரம்

ஒளித்துடிப்பு

நேரக்கூறுகளைத் தனிப்படுத்துவதற்குப் பயன்படும் குறுகிய நேர ஒளி வீச்சுகள் ஒளித்துடிப்புகள் (optical pulses) எனப்படும். சிறு ஒளித்துடிப்புகளை உண்டாக் குவதற்கான செய்முறை நுட்பங்கள் முன்னேற்ற மடைந்தபோது புதிய வகையான பல வினைகளை ஆய்வு செய்ய முடிந்தது. பொறி அல்லது ஒளித் தெறிப்புப் புகைப்படக் கருவிகளில் 10^{-7} நொடி என்னும் சிறிய கால அளவில் வீசும் ஒளித் துடிப்பு களைப் பயன்படுத்தி விரைந்து இயங்கும் பல பெரும் பொருள்களின் வெவ்வேறு இயக்க நிலைகளைப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. 10^{-10} நொடி ஒளி வீசும் உயர்வேக ஒளித்தெறிப்பு விளக்குகளையும், எலெக்ட் ரான் உத்திகளையும் பயன்படுத்தி மிக விரைவான ஒளியியற்பியல், ஒளி வேதியியல் நிகழ்வுகளை எளி தாக ஆராயலாம்.

1966 இல் 10^{-11} நொடிக்கும் குறைவான நேரத் துக்கு ஒளிவீசும் ஒளித் துடிப்புகளை ஒரு லேசர் தொழில் நுட்ப உத்தி மூலம் முதன்முதலாக உண்டாக்க முடிந்தது. வழக்கமான எலெக்ட்ரான் கருவிகளின் உதவியால் இதற்கும் குறைவான நேரத் தை அளவிட முடியாது. இதன் காரணமாகத் துடிப் புகளை அளவிடவும் பகுப்பாய்வு செய்யவும் புதிய முறைகளை விரைந்து உருவாக்குவதற்கான முயற்சி களுக்கு உந்துதல் ஏற்பட்டது. லேசர் தொழில் நுட்பங்கள் மேலும் செம்மையாக்கப்பட்டு மேலும் குறுகிய காலமுள்ள ஒளித்துடிப்புகளை வெளியிடும் மூலங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. தொடர் சாய லேசர் (continuous dye laser) அமைப்புகள் மூலம் 10^{-13} நொடிக்கும் குறைந்த நேரத்துக்கு ஒளி வீசும் ஒளித் துடிப்புகள் உண்டாக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு லேசரில் அதிர்வெண்களின் எண்ணிக்கையும் அதிர்வெண் வகைகளும், பெருகப் பெருக அதிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் ஒளித்துடிப்பின் காலம் குறைந்து கொண்டே போகும். கரிமச் சாயங்கள் ஒளித்துடிப் புகளை உண்டாக்க ஏற்றவை. ஏனெனில் சாயங்கள் ஒரு பரந்த நெடுக்கத்திலுள்ள அதிர்வெண்களில் அதிர்வு செய்யக்கூடியவை. ஓர் ஒளித்துடிப்பை உண்டாக்க இந்த ஒவ்வோர் அலைவு அதிர்வெண் ணும், பிறவற்றுடன் ஒரு நிலையான கட்ட உறவைப் (phase relation) பேணுவதாக இருக்க வேண்டும். அப்போது தான் அவை ஓரியல்பான வகையில் கூட்டப்பட்டு ஒரு சிறிய ஒளித்துடிப்பை உண்டாக்க முடியும். இந்தச் செயல் முறை அலைவு வகைப்பூட்டல் (oscillating mode locking) எனப்படும்.

பயன்கள். மிகக்குறுகிய கால அளவுகளில் நடந்து முடிந்து விடும் நிகழ்வுகளை ஆய்வு செய்ய இந்த நுண்காலத் துடிப்புகள் வலிவான கருவியாக அமை கின்றன. அன்றாட வாழ்க்கையில் நடைபெறும் பேரளவுப் பொருள்களில் இயக்கத்தை நிறுத்திப் பார்ப்பதற்கு 10^{-12} நொடி அளவிலான ஒளித்துடிப்பு கள் தேவையில்லை. ஆனால் அணுக்கள், மூலக்கூறு கள் ஆகியவற்றின் இயக்கங்கள் இந்த நுண்கால அளவுகளிலேயே நிகழ்கின்றன. அவற்றை ஒளிப்படம் எடுப்பதன் மூலம் அத்தகைய இயக்கங்களின் பல்வேறு கட்டங்களைப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. மூலக்கூறு கள், உயிரியல் அமைப்புகள் திண்மங்கள் ஆகிய வற்றில் நிகழும் சில மிகு விரைவுச் செயல்முறை களை ஒளிப்பதிவு செய்ய முடிந்திருப்பது மிகப்பெரும் பயனாகும். 10^{-12} நொடி அளவிலுள்ள ஒளித்துடிப்பு களைப் பயன்படுத்தி விழித்திரையில் நிகழும் முதன் மையான ஒளி வேதிச்செயல்களும் தாவரங்களில் நிகழும் ஒளிச்சேர்க்கைச் செயல் முறைகளும் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளன. விரைவான வேதி வினைகளின் அடிப்படைத் தன்மைகள், மூலக்கூறுகளிலும், திண் மங்களிலும் நிகழும் அதிர்வுகள் ஆகியவற்றை மிகு நுண் ஒளித்துடிப்புகளால் ஆய்வு செய்ய முடியும். எதிர்காலத்தில் இத்தகைய நுண்ணொளித் துடிப்பு களைப் பயன்படுத்தி, பெரும் வேகத்திலும் அளவிலும் செய்திகளை அனுப்பக்கூடிய உத்திகள் உருவாக வாய்ப்புள்ளது. ஒளியியல் இழைகள் கொண்ட ஒளி வழி நடத்திகளால் (light guides) நீண்ட தொலை விற்கு மிகுநுண்ணொளித் துடிப்புகளை அனுப்ப இயலுமென்பது நிறுவப்பட்டுள்ளது.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஒளிப்படக்கருவி

ஒரு முனையில் வில்லையும் எதிர் முனையில் ஒளி யுடன் வினை புரியும் படச்சுருளும், படச்சுருளில் பொருளின் உருத்தோற்றம் அமையும் விதத்தில் உள்ள ஒளி புகாப் பெட்டியும், ஒளிப்படக் கருவியின் மிக எளிமையான அமைப்பாகும். ஒளிப்படக் கருவியில் ஒளி புகுந்து, வில்லையைக் கடந்து, படச்சுருளில் குவிகிறது. இந்தஒளி, படச் சுருளிலுள்ள வெள்ளி ஹாலைடை மாற்றமடையச் செய்து ஓர் உள்ளுறை உருத்தோற்றமாகிறது. இப்படச்சுருளைப் பதனிட் டால் கிடைக்கும் எதிர்மறைப் படத்தில் உருத்

தோற்றம் தெரியும். இதிலிருந்து நேர் உருத்தோற்றம் அச்சிடப்படுகிறது.

ஊசித்துளை ஒளிப்படக் கருவியில், வில்லை(lens) இருக்குமிடத்தில், இதற்கு மாற்றாக ஓர் ஊசித் துளை உள்ளது. இதனால் ஏற்படும் உருத்தோற்றம் தெளிவாக இருப்பதில்லை. அனைத்துப் புதுவகை ஒளிப்படக் கருவிகளிலும் படச்சுருளில் தெளிவான உருத்தோற்றத்தைக் குவியச் செய்யும் திறனுள்ள கண்ணாடி அல்லது ஞெகிழி வில்லை, படச்சுருள் வெளிப்படுத்தும் நேரத்தைக் கட்டுப்படுத்த உதவும் வில்லை, துளைக் கட்டுப்பாட்டமைப்பு, படம் பிடிக்கப்படும் பொருளைக் காட்டும் காட்சிக்காட்டி, படச் சுருளைத் தாங்குவதற்கும், படப்பிடிப்புகளுக் கிடையே படச்சுருளைச் சுற்றுவதற்கும் உதவும் கருவி, உருத்தோற்றத்தின் வெளிச்சத்தை ஒழுங்குபடுத்த உதவும் வில்லைத் துளை, அளவை மாற்றும் கருவி ஆகிய பல துணைக் கருவிகள் ஒளிப்படக்கருவிகளில் உள்ளன. மின்னொளி அளவு வண்ணங்களைக் கட்டுப் படுத்தும் வடிகட்டிகள், முக்காலிகள், பொருளை மிக அருகில் குவியச் செய்யும் கருவிகள் முதலியனவும் பொதுவாக ஒளிப்படக் கருவிகளில் பயன்படு கின்றன.

ஒளிப்படக்கருவியின் பகுதிகள்

ஒளிப்படக்கருவிப்பெட்டி. இது ஒரு முனையில் ஒரு நிலைத்த இடத்தில் வில்லையையும், மறுமுனையில் ஒளி புகாநிலையில் படச்சுருளையும் கொண்டுள்ளது. சாதாரண ஒளிப்படக் கருவிகளில் வில்லைக்கும் படச்சுருளுக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு நிலை யாக உள்ளது. ஆனால் புதிய படக்கருவிகளில் மிகச் சரியாகப் படம் பிடிக்க, இவ்விடைப்பட்ட தொலைவை மாற்ற முடியும். 2.5 செ. மீ. அளவே யுள்ள மிகச் சிறியது முதல் வரைபடம் மற்றும் செதுக்கு வேலைகளில் பயன்படும் மிகப் பெரியது வரை, பல்வேறு அளவுகளில் ஒளிக்கருவிப் பெட்டிகள் உள்ளன.

வில்லை. ஒளியை வாங்கிப் படச்சுருளில் குவிப் பதே இதன் செயலாகும். இதன் குவியத் தெலைவை யும், படச் சுருளின் அளவையும் பொறுத்துப் பொருளைப் பார்க்கும் கோணம் அமைகிறது.

விரிகோண மற்றும் தொலைநோக்கி வில்லை. படச் சுருளில் அளவுக்கேற்ப இருக்க வேண்டிய குவியத் தொலைவைவிடக் குறைவான குவியத் தெலைவைக் கொண்ட வில்லை, அப்படச் சுருளின் விரிகோண வில்லை எனப்படுகிறது. பொருளிலிருந்து ஒரு குறிப் பிட்ட தொலைவிலுள்ள ஒரு சாதாரண வில்லை யால் ஏற்படும் உருத்தோற்றத்தை விட இதே தொலைவில் இருக்கும் விரிகோண வில்லையால் உண்டாகும் உருத்தோற்றம் சிறியதாக இருக்கும், எனினும், இது விரிந்த கோணமுள்ள காட்சியைத் தருகிறது. தொலைநோக்கி வில்லை சாதாரண வில்லையைவிட நீண்ட குவியத் தொலைவுள்ளது. பொருளிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிலிருக்கும் சாதாரண வில்லை தரும் உருத்தோற்றத்தைவிட இதே தொலைவிலிருக்கும் தொலைநோக்கி வில்லை பெரிய உருத்தோற்றத்தைத் தருகிறது. ஆனால் இதன்மூலம் குறுகிய கோணமுள்ள காட்சியே கிடைக்கும்.

அணுக்கல் வில்லை (zoom lens). இது ஒரே வில்லையிலேயே பல்வேறு குவியத் தொலைவுகளைத் தருகிறது. வில்லையின் வெளிப்புறத்திலிருக்கும் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு, வில்லையின் பகுதிகளுக் கிடையேயுள்ள அளவுகளை மாற்றுவதன் மூலம், ஒரு குறிப்பிட்ட குவியத் தொலைவைத் தேர்ந் தெடுக்க உதவுகிறது.

நோக்கி. எப்பொருள் படம் பிடிக்கப்படுகிறது என்பதைக்காட்டப்பயன்படும் உறுப்பு, நோக்கி (view finder) ஆகும். காட்சி எதிரொளிக்கும் படக்கருவி களில், பொருளின் உருத்தோற்றம், தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடித் திரையில் கொண்டுவரப்படுகிறது. பிற படக்கருவிகளில், காட்சி நோக்கிகள் பலவகை களில் உள்ளன. எளிய அமைப்புள்ள, கம்பிச் சட்டம் கொண்ட நோக்கி விளையாட்டுத் தொடர்பான படங்கள் எடுக்கப் பயன்படுவதால் இது விளையாட்டு நோக்கி எனப்படுகிறது. தற்சமயம் பெரும்பாலும் ஒளிக்காட்சி நோக்கிகள் பயன்படுகின்றன. படக்கருவியின் பின்னே உள்ள கண்நோக்கி மூலம் படமெடுப்பவர் பார்க்கும்போது, இவை, பெரிய தெளிவான உருத்தோற்றங்களைத் தருகின்றன. காட்சி நோக்கிகள் படக்கருவியின் வில்லையிலிருந்து சிறிது விலகி உள்ள காரணத்தால் மிக அருகிலுள்ள பொருள்களைப் படம் எடுக்கும் நேரம் தவிர, பிற சமயத்தில், இடமாறு தோற்றப் பிழை ஏற்படுகிறது. சில காட்சி நோக்கிகள் இதையும் சீர் செய்து விடும் அமைப்பில் உள்ளன.

சாளரத்திரை. இது படச்சுருளில் ஒளி விழுவதற்கு ஒளிவிழும் நேரத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் விதத்தில் அமைந்துள்ளது. பழைய முறையில், படம் எடுப் போர், வில்லை மூடியைத் தமக்கு வேண்டிய நேரத் திற்குத் திறந்து பின்னர் மூடிப் படம் எடுத்தனர். மிகக் குறைந்த நேரமே சாளரத் திரையைத் (shutter) திறக்குமாறும், சிறிது நேரமே திறந்து மூடுமாறும் பல சாளரத்திரைகள் உள்ளன. சில வளியாலும், சில ரப்பர் வளையங்களாலும் இயங்கின. பின்னர் வந்தவை பெரும்பாலும் சுருள் கம்பியின் விசையால் இயங்குகின்றன.

சாளரத் திரைகள் இரு வகையில் தயாரிக்கப் படுகின்றன. மாறாத வில்லையைக் கொண்ட ஒளிப்படக் கருவிகளில், பொதுவாக வில்லை

பகுதிகளுக்கிடையே சாளரத்திரை இருக்கும். இவை நடு அல்லது வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள சாளரத்திரை எனப்படுகின்றன. இவை 1/500 நொடியில் திறந்து மூடும் திறனுள்ளவை. வில்லையை மாற்றும் வசதி கொண்ட படக் கருவிகளில் ஒவ்வொரு வில்லையுடனும் ஒரு சாளரத்திரை வைக்க வேண்டியதைத் தவிர்க்க, படக்கருவியிலேயே சாளரத்திரை அமைக்கப்படுகிறது. படச்சுருளின் தளத்திற்கு நேர் எதிராக வைக்கப்பட்டுள்ள இவை 1/1000 அல்லது 1/2000 நொடி வேகத்தில் திறந்து மூடுகின்றன. பல சாளரத் திரைகள் நீண்ட நேரம் திறந்திருக்குமாறு கையால் இயக்கப்படுகின்றன. தற்சமயம் அனைத்துச் சாளரத் திரைகளுமே மின்னொளியுடன் (flash) இணைந்து இயங்கும்படி அமைந்துள்ளன. பழங்காலச் சாளரத் திரைகள் சலனமுறையில் இயங்கின. சாளரத்திரை எவ்வளவு நேரம் திறந்திருக்க வேண்டுமோ, அந்த நேரத்திற்கேற்றவாறு, சுருள் கம்பியால் இயங்கும் நேரங்காட்டியின் அமைப்புக் கொண்ட இயக்கம் இதைச் செய்கிறது.

படச்சுருளை முன்னால் செலுத்தும் நெம்பு கோலைச் சுற்றினால் இது சுருள் கம்பியைத் தூக்கி நிறுத்துகிறது. சாளரத் திரையைத் திறக்கும் பொத்தானை அழுத்தினால், அது குறித்த நேரம் திறந்து மூடுகிறது. பிற்கால வடிவமைப்பில் சிறிய, மின்னணுவால் இயங்கும் நேரங்காட்டி அமைப்பு உள்ளது. இதை நேரடியாகப் படக்கருவியிலேயே உள்ள ஒளியளக்கும் கருவியுடன் இணைத்தால், படமெடுக்கும் நேரம் தானாகவே கட்டுப்படுத்தப்படும். மின்னணுவால் இயங்கும் சாளரத் திரையை, தேவைப்பட்டால் மிகுநேரம் திறந்திருந்து மூடும்படிச் செய்யலாம். மின்னணுவால் இயங்கும் கருவிகள் பெருகியுள்ளமையால் இவை கொண்ட படக்கருவிகளைத் தயாரிப்பது, நுட்பமிகு பொறிகள் கொண்ட படக்கருவிகளைத் தயாரிப்பதைவிட எளிதாகிவிட்டது. எதிர்காலத்தில் சாளரத்திரை, வில்லைத் துளைப் படச்சுருள் முன்னால் நகர்வது முதலியவற்றைக் கட்டுப்படுத்த நுண் கணிப்பொறிகள் பயன்படலாம்.

படமெடுத்தல்.

குவியச்செய்தல். ஒரு பொருளைத் தெளிவாகப் படம் பிடிக்க ஒளிப்படக் கருவியிலுள்ள வில்லை தெளிவான உருத்தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும் திறன், ஒளிபுகும் திறன் இவற்றைக் கொண்டதாக இருக்க வேண்டும். மேலும் உருத்தோற்றத்தைப் படச்சுருளில் சரியாகக் குவியச் செய்ய வேண்டும். படச் சுருளுக்கு அருகிலோ தொலைவிலோ வில்லையை நகர்த்துவதன் மூலம் உருத்தோற்றம் குவிக்கப்படுகிறது. நெடுந் தொலைப் பொருள்களை நோக்கிக் குவியச் செய்யும் போது, வில்லை படச்சுருளுக்கு மிக அருகில் செல்கிறது. அருகிலுள்ள பொருள்களைக் குவியச் செய்யும் போது, வில்லை படச்சுருளிலிருந்து தள்ளி அமைகிறது. நோக்கு ஒளிப்படக் கருவியிலும், எதிரொளிக்கும் ஒளிப்படக் கருவியிலும், குவியச் செய்தல் நேரிடையாக உள்ளது. இவற்றில், தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடித் துண்டில் பொருளின் தெளிவான உருத்தோற்றம் ஏற்படும் வரை குவியத்தொலைவு சீர் செய்யப்படுகிறது. இத்தகைய தேய்த்த கண்ணாடி இல்லாத படக்கருவிகளில் படக்கருவியின் மேல் அல்லது வில்லை பொருத்தப்பட்ட இடத்தில் குவியத்தொலைவு அளவுகள் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. படமெடுப்பவர்கள் படக்கருவியிலிருந்து பொருள்கள் இருக்கும் தொலைவையறிந்து, அதற்கேற்றபடி வில்லையை அமைக்க வேண்டும். சில கருவிகளில் படக்குறிகள் மூலம் இவை தெரிவிக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, மார்பளவு மனித உருவப்படம் அருகிலுள்ள பொருள்களையும் மலையின் படம் தொலைவிலுள்ள பொருள்களையும் குறிக்கும்.

புலத்தின் ஆழம். ஒரு பொருளை நோக்கி ஒளிப்படக் கருவி குவிக்கப்பட்டிருக்கும்போது, பொருளுக்கு அருகிலோ, தொலைவிலோ உள்ளவற்றைத் தெளிவாகக் காணஇயலாது. பொருள்களின் உருத்தோற்றங்களில் ஏற்படும் இத்தெளிவு மாற்றம் சிறிது சிறிதாகக் குறைகிறது. குவியப் புள்ளிக்கு முன்னும் பின்னும், பொருளின் உருத்தோற்றத்தின் தெளிவு சிறிது மாறுபட்டபோதும், இது கண்ணுக்குத் தெரியாமலிருக்கும் பரப்பே புலத்தின் ஆழம் எனப்படும். புலத்தின் ஆழம், வில்லையின் துளை குவியத் தொலைவு மற்றும் ஒளிப்படக் கருவிக்கும் பொருளுக்கு மிடையிலுள்ள தொலைவு இவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. ஒளிப்படக்கருவியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் பொருள் இருக்கும்போது வில்லையின் துளையும், குவியத் தொலைவும் சிறியவாக இருப்பின் புலத்தின் ஆழம் மிகுதியாக இருக்கும். பொருள் படக்கருவியிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவிலிருந்தாலும் புலத்தின் ஆழம் மிகுதியாக இருந்தால் படத்திலுள்ள அனைத்தும் தெளிவாக இருக்கும். குறை புல ஆழம், தெளிவற்ற மங்கிய பின்புறக் காட்சி கொண்ட, பொருள் மட்டும் தெளிவாக உள்ள படத்தைத் தருகிறது. பல ஒளிப்படக் கருவிகளில் வில்லைத் துளையின் ஒவ்வோர் அளவுக்கும், படம் பிடிக்கப்படும் பொருள் எவ்வளவு தெளிவாக இருக்கும் என்பதைக் காட்டப் புல ஆழ அளவு கோல்கள் உள்ளன. பெட்டிப்படக் கருவிகளிலும், சாதாரணப் படக்கருவிகளிலும், நிலைத்த குவியத் தொலைவு உள்ளதால் இவை நிலைத்த குவியத் தொலைவுள்ள படக் கருவிகள் அல்லது அனைத்துத் தகுதி வாய்ந்த படக் கருவிகள் எனப்படுகின்றன. இவற்றின் வில்லைகள் நடுத்தரத் தொலைவில் குவியத் தொலைவு உள்ளவாறும், படக்கருவியிலிருந்து சில மீட்டர் தொலைவிலிருந்தும் நெடுந்தொலைவில் உள்ள பொருள்களின் உருத்தோற்றங்கள் ஓரளவு தெளிவாகத் தெரியுமாறும் புல ஆழம் தயாரிக்குமிடத்திலேயே அமைக்கப்படும்.

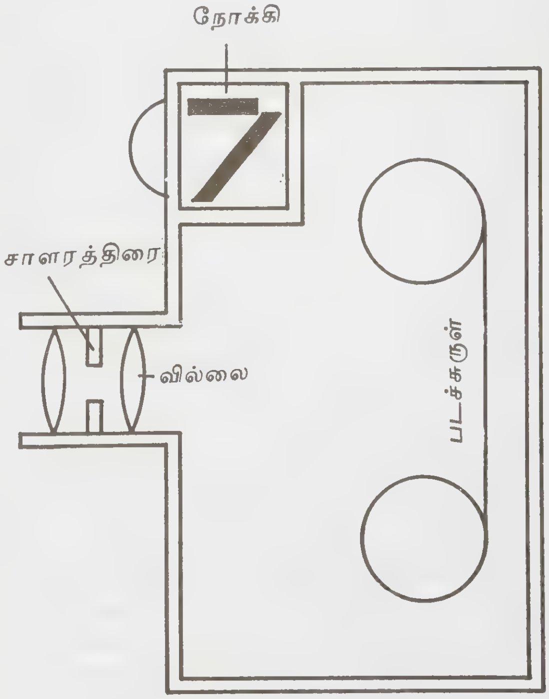
குவிய ஆழம் சில சமயங்களில் புல ஆழம் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. எனினும், படக் கருவியின் உள்ளே படச்சுருளின் தளத்தில் உருத்தோற்றம் தெளிவாக இருக்கும் பரப்பே குவியஆழம் ஆகும். இது ஒளியியல்படிச் சரியான விளக்கமாகும்.

எடுத்துச் செல்லும் ஒளிப்படக் கருவியில் படச் சுருளைச் சமதளத்தில் வைக்கவும், படமெடுத்தபின் மாற்றவும் படச்சுருள் தாங்கியில், வசதிவேண்டும். சாதாரணப் படக்கருவியில், படத்தாள், ஒளிபுகாத, கரிய நிறத் தகட்டால் மூடப்பட்ட த்தாங்கியுடன் உள்ளது. இருட்டறையில், படத்தாளைப் படக்கரு வியில் நுழைத்துவிட்டு, படமெடுக்குமுன் ஒளிபுகாக் கருநிறத் தகட்டைநீக்க வேண்டும். படமெடுத்தபின், மீண்டும் தகட்டைப் படத்தாள் தாங்கியில் நுழைத் துப் பிறகு இருட்டறையில் பதப்படுத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு படத்தாளாகப் பயன்படுத்துவது கடின மாகும். எனவே 12 அல்லது 16 எண்ணிக்கை உள்ள மெல்லிய வளையக்கூடிய படத்தாள்களைக் கொண்ட கட்டு உள்ளது. இக்கட்டு, கருநிறமுள்ள தகட்டுடன் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டு படக்கருவியுள் வைக்கப் படுகிறது. ஒவ்வொரு முறையும் படமெடுக்கப்பட்ட பின்பு ஒவ்வொரு படத்தாளும், உடன் இணைக் கப்பட்டுள்ளதாள் துண்டின் உதவியால், கட்டின் பின்புறம் செல்கிறது. இவற்றைத் தயாரிப்பது மிகவும் கடினமாகையால், இவை தனிப்படத்தாளைவிட விலை மிகுதியானவை.

பல படங்கள் எடுக்குமளவு நீளம் கொண்ட படச் சுருள், ஒளிபுகாப் பின்புறத் தாளுடன் தொழிற் சாலையிலேயே மரம் அல்லது ஞெகிழி உருளையில் சுற்றப்பட்டு வருகிறது. படச்சுருளின் பின்புறத்தாள், படச்சுருளைச் சாதாரண ஒளியிலேயே படக்கருவியில் பொருத்தவும் வெளியே எடுக்கவும் உதவுகிறது. மேலும் பின்புறத் தாளில் எழுதப்பட்ட எண்கள் படக்கருவியின் பின்னேயுள்ள சிவப்பு, அல்லதுஆரஞ்சு வண்ணச் சாளரத்தின் வழியே தெரிவதால், இதன் மூலம் எத்தனைப் படங்கள் எடுக்கப்பட்டுள்ளன என் பதையும் தெரிந்து கொள்ளலாம். அண்மைப் படக் கருவிகளில் படச்சுருள் தானாகவே நகர்கிறது. இறுதியாகப் படமெடுத்தபிறகு. படச்சுருளை, உருளையை முழுதும் சுற்றிவிட்டுப் பதப்படுத்தப்படு வதற்காகக் கருவியிலிருந்து எடுக்க வேண்டும்.

35. மி. மீ. படச்சுருளில் பின்புறத் தாள் பயன் படுவதில்லை. மாறாகப் படச்சுருள் கொண்ட உருளை, ஒளிபுகாப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டுப் படச்சுருளின் நுனி, ஒளி புகாப் பிளவு ஒன்றின் வழியாக வெளியே வருமாறு உள்ளது. படக்கருவி யினுள் படச்சுருளை வைக்கும்போது, படச்சுருளின் முதல் சில செ. மீ. நீளம் படக்கருவியிலுள்ள வாங்கும் உருளையில் சுற்றப்பட்டுப் பின்னர் ஒதுக்கப் படுகிறது. ஏனெனில் படக்கருவியினுள் படச்சுருளை வைக்கும்போது, முதல் சிறிது தொலைவு ஒளிபட்டு விடுகிறது. படங்கள் எடுத்து முடிந்த பிறகு, படச் சுருள் மீண்டும் ஒளிபுகாப் பெட்டிக்குள் சுற்றப்பட்டு, வெளியே எடுக்கப்பட்டு, பதப்படுத்தப் படச்சுருள் அனுப்பப்படுகிறது. படக்கருவியிலேயே உள்ள படங்கள் எடுப்பதை எண்ணும் கருவி, படச்சுருளை நகர்த்தும் கருவியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

படக்கருவிகளின் வகைகள். பொதுவாகச் சாதா ரண ஒளிப்படக் கருவிகள், பெட்டி இவற்றில் மாற்றக் கூடியவை எதுவுமில்லாமையால் இவை விலை குறை வாக இருப்பதுடன் பயன்படுத்த எளிதாகவும் உள்ளன. இவற்றில் வில்லையின் குவியத் தொலைவு நிலையாக இருப்பதால் இதிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிற்கப்பாலுள்ள அனைத்துப் பொருள்களை யும் ஓரளவு தெளிவாகப் படம் பிடிக்க இயலும். வெளிப்புறங்களில் சூரிய ஒளியின் உதவியிலும், வீட்டிற்குள்ளே மின்னொளியிலும் சரியாகப் பட மெடுக்க இதில் வில்லையின் துளையும், வில்லைக் கதவு திறக்கும் வேகமும் தயாரிக்கும் போதே நிலை யாக வைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 1. ஒளிப்படக்கருவியின் அடிப்படைப் பகுதிகள்

மேம்படுத்தப்பட்ட படச்சுருள், கூடவே அமைந் துள்ள மின்னொளி, எளிதில் படச்சுருளைப் பொருத் தும் வசதி, படச்சுருளில் ஓர் இடத்திலேயே இரு முறை படமெடுப்பதைத் தவிர்த்தல் முதலிய வசதி களைக் கொண்டவையாக இவை உள்ளன. சிறப் பான படச்சுருள்கள் மற்றும் பதனம் செய்யும்

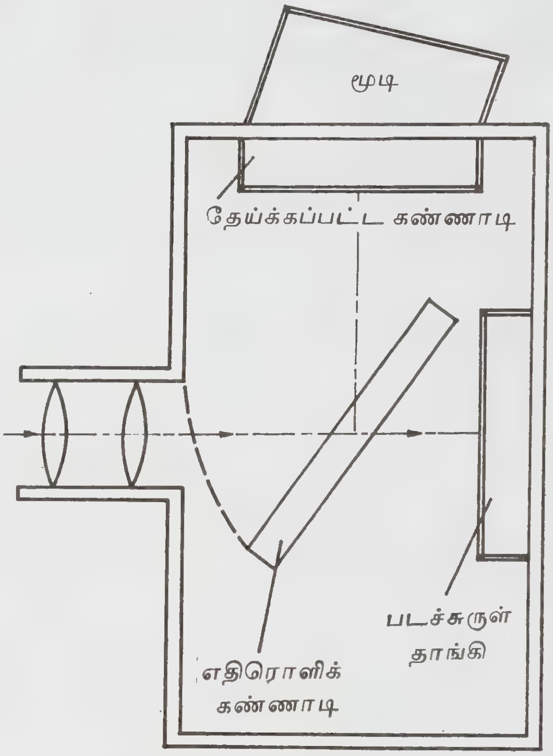
முறைகளால் ஒளிப்படக்கருவிகள் அளவில் சிறியவை ஆகிவிட்டன.

மடக்கும் ஒளிப்படக் கருவிகள். இவை பெரிய அளவுடைய புகைப்படங்களைத் தந்த போதும், மடக்கக் கூடியதால் சிறிய அளவில் உள்ளன. வில்லையும், வில்லைக் கதவும், காற்றுப் புகாத, மடக்கக் கூடிய துருத்தியுடன் இணைக்கப்பட்டு, ஒளிப்படக்கருவியின் உடலிலிருந்து வெளிப்படும் ஒரு தளத்தின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. பயன் பாட்டில் இல்லாதபோது இவை, கருவியின் உட லுக்குள் மடிந்து அடங்குகின்றன. சாதாரண பெட்டிக் கருவியைப் போன்றும் பல்வேறு புதிய வசதிகளைக் கொண்டும் மடக்கும் ஒளிப்படக் கரு விகள் உள்ளன.

35 மி. மீ. ஒளிப்படக் கருவிகள். இவற்றில் 35 மீ. மீ. அகலமுள்ள படச்சுருள் பயன்படுகிறது. இவற்றிலும் சாதாரண வசதிகளைக் கொண்ட விலைகுறைவிலிருந்து விலையுயர்ந்த பல்வேறு இணைப்புகளையும் வசதிகளையும் கொண்டவை வரை பல வகை உள்ளன. விரிகோண மற்றும் தொலை நோக்கு வில்லைகளை இணைக்கக் கூடிய கருவிகளும் இவற்றில் உண்டு. இவை அகலத் துளையுள்ள, விரைவு வில்லைகளைக் கொண்டவை. விரைவு வில்லைகள், மின்னொளியின் உதவியின்றிக் குறைந்த ஒளியிலும் படமெடுக்க உதவுகின்றன. வில்லைக் கதவு திறந்து மூடும் நேரம். $\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{2000}$ நொடிவரை உண்டு.

பெரும்பாலானவற்றில் வில்லைக் கதவு திறக்கப் பட வேண்டிய நேரத்தையளக்கும் கருவியுடன் உள்ளது. இதன் மூலம் வில்லைத் கதவு திறந்து மூடும் நேரம் தானாகவே வைக்கப்படுகிறது. இவ் வகையைச் சேர்ந்த புதுமையான கருவிகளில் வில்லை மூலம் ஒளி அளவிடப்படுகிறது. இதில் ஒளியளக்கும் கருவி, வில்லையின் மூலம் ஒளியை மட்டுமே அளக் கிறது. தற்போது மின் எந்திரத்தால் படச்சுருள் சுற்றப்படுவது பெருவழக்காகியுள்ளது. இவை ஒளிப் படக்கருவியின் அடிப்புறம் இணைக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் மூலம் ஒரே சமயம் ஒரே ஒரு படத்தி லிருந்து ஒரு நொடிக்கு 5 படங்கள் வரை எடுக்க லாம். சிறப்புத்திறன் கொண்ட கருவிகளில் ஒரு நொடிக்கு 60 படங்கள் வரை எடுக்க இயலும். 1920-30 இல் 35 மி. மீ. ஒளிப்படக்கருவிகள் பெருவழக்கிற்கு வந்தன. பயன்படுத்தப்படும் பல கருவிகளைவிட இவை அளவில் சிறியவையாக உள்ளமையால் இவை குறு ஒளிப்பட்க் கருவிகள் எனப்படுகின்றன.

எதிர் ஒளிப்படக் கருவிகள். இவற்றில் வில்லை மூலம் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள், ஒரு கண்ணாடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டுப் படுக்கையாக உள்ள தேய்க்கப் பட்ட கண்ணாடித் திரையில் உருத்தோற்றத்தை உண்டாக்குகின்றன. எதிரொளிக் கண்ணாடி 45°



படம் 2. ஒரு வில்லை எதிரொளி ஒளிப்படக்கருவி

கோணத்தில் படச்சுருளிலிருந்து கண்ணாடி எவ்வளவு தொலைவிலுள்ளதோ அதே தொலைவு எதிரொளிக் கண்ணாடிக்கும் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடிக்கும் இடையே அமையும். படச்சுருளில் விழும் பொருளின் உருத்தோற்றம் எவ்வளவு அளவும், தெளிவும் கொண்டுள்ளதோ அதேபோன்று தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியில் விழும் உருத்தோற்றமும் அமையும்.

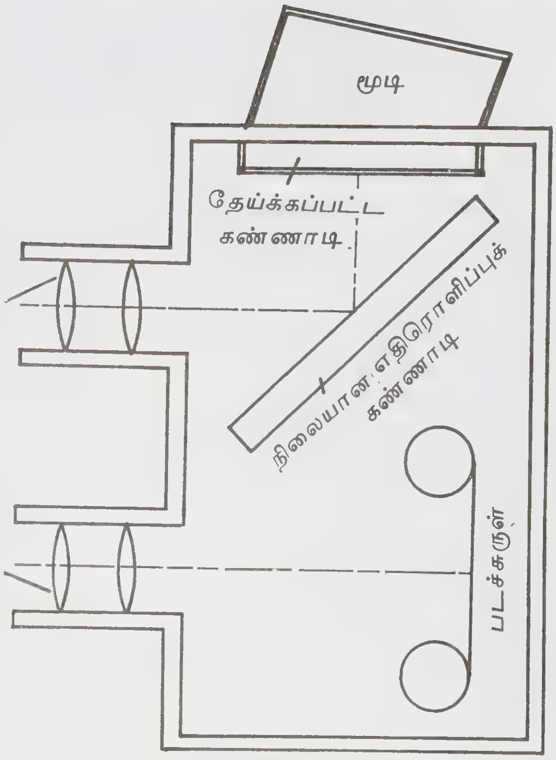
படச்சுருளில் ஒளி விழுவதை எதிரொளிக் கண்ணாடி தடுப்பதால், படமெடுக்கப்படும்போது, படச்சுருளின் பாதையிலிருந்து இது விலகியிருத்தல் வேண்டும். பொருளை நோக்கும்போதும், குவியச் செய்யும்போதும், வில்லையின் கதவும் துளையும் முழுதும் திறந்திருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் பொருளின் உருத்தோற்றம் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியில் தெளிவாக விழும். எதிரொளிக் கண்ணாடி தன் இடத்தில் வரும்போது இவை மீண்டும் மூடப்பட வேண்டும். இதற்குச் சில எதிரொளிக்கும் ஒளிப்படக் கருவிகளில் ஒரே வகை யாக இரு வில்லைகள் உள்ளன. இந்த அமைப்பில் கீழேயுள்ள வில்லை படச்சுருளுக்கு நேரே உள்ளது. மேலேயுள்ள வில்லை எதிரொளிக் கண்ணாடி, தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடி இவற்றுடன் சேர்ந்து

காட்சிக்காக மட்டுமே பயன்படுகிறது. இரு வில்லைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுத் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியில் விழும். தெளிவான உருத்தோற்றம் படச் சுருளிலும் தெளிவாக விழும்படிச் செய்யப்பட்டுள்ளது. சில இரு வில்லை எதிரொளிக்கும் ஒளிப்படக் கருவிகளின் மேல், கீழ் வில்லைகள் மாற்றக் கூடியவையாயுள்ளன. ஆனால் இவை சேர்ந்தே மாற்றப்பட வேண்டும்.

இரு வில்லை எதிரொளிக்கும் ஒளிப்படக்கருவிகளில் பொருளை மிக அருகில் படம் எடுக்கும்போது, பார்க்கும் வில்லைக்கும், படமெடுக்கும் வில்லைக்கும் இடையே சிறிது கோண வேறுபாடு உள்ளது. இது இடமாறு தோற்றப்பிழை எனப்படும். இக்குறை ஒரு வில்லை எதிரொளிக்கும் கருவிகளில் இல்லாததால், பொருளை மிக அருகில் படமெடுக்க இக்கருவி பயன்படுகிறது. தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியில் தோன்றும் பொருளின் உருத்தோற்றம் இடவல மாற்றமுடையதால், இதில், ஐந்து பக்கப் பட்டைக் கண்ணாடி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

செய்தித்தாள் ஒளிப்படக்கருவி. செய்தித்தாள் புகைப்படங்களுக்குப் பலவிதக் கருவிகளில் பெரும்பாலும் 35 மி. மீ. படங்களே பயன்படுகின்றன. முன்னாளில் 4″ × 5″ அளவுள்ள படச்சுருளைக் கொண்ட பெரிய அளவுக் கருவிகள் பயன்பட்டன. மடக்கு ஒளிப்படக் கருவியைப் போன்ற அமைப்புள்ள இது அளவில் பெரியதாயிருந்தது. தனித்தனிப் படத்தாள் மற்றும் படச்சுருளைப் பொருத்தி, விரிகோண மற்றும் தொலை நோக்கி வில்லைகளை இணைத்து இவற்றில் படமெடுக்க முடியும். வில்லைக் கதவு திறந்து மூடும் வேகம் $\frac{1}{400} - \frac{1}{1000}$ நொடி வரையாகும். செய்தித்தாள் புகைப்படக்காரர்கள் இவற்றைப் பயன்படுத்தாத போது, வணிகம், தொழில்கள், அறிவியல் புகைப்படக்கலை இவற்றில் தொழில் நுட்பப் படக்கருவிகள் பயன்பட்டன.

காட்சி ஒளிப்படக் கருவி. இவை இயற்கைக் காட்சிகளைப் படம்பிடிக்கப் பயன்படும் பெரிய கருவிகளாகும். தற்சமயம் இவற்றில் பல்வேறு மாற்றங்கள் செய்யும் வசதிகள் உள்ளன. இவற்றில் படக்கருவியின் முன் பகுதியை நகர்த்தவும், திருப்பவும் முடியும். பிறபடக் கருவிகளில் கருவியின் முன் பகுதி, பின்பகுதிக்கு இணையாக இருப்பதுடன், வில்லையின் மையமும் படச்சுருளின் மையமும் நேர்கோட்டிலுள்ளன. இயற்கைக் காட்சியின் தோற்றத்தைச் சிறப்பாகக் கட்டுப்படுத்தி, குவியச் செய்து படக்கருவியின் பின்பகுதியையும் படச்சுருளையும் நிலையாகச் செய்து, அதே சமயம் கருவியின் முன்பகுதியையும் வில்லையையும் திருப்பி இடமாற்றம் செய்து படமெடுக்க இவற்றில் வசதியுண்டு. இதற்காகவே, இப்படக்கருவியின்



படம் 3. இரு வில்லை எதிரொளிஒளிப்படக் கருவி.

உடல், நீண்டு சுருங்கக்கூடிய துருத்தி போன்று அமைந்து, நிலையான அடிப்பகுதியின்மேல், சுற்றும் வகையில் முன்னும் பின்னும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் ஆடிகள் எவையும் பயன்படா.

ஒளி வில்லையில் ஊடுருவி நேரடியாகப் படச்சுருளில் விழுவதால் இவை எதிரொளிக்கும் படக்கருவிகள் அல்ல. பொருளைப் பார்ப்பதற்கும், குவியச் செய்வதற்கும், படக்கருவியின் பின்னால் படச்சுருளின் தளத்தில் ஒரு தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடி செருகப்பட்டுள்ளது. இதை மெதுவாகவே பயன்படுத்த முடியுமென்பதாலும், கனமாக இருப்பதாலும், பெரும்பாலும் முக்காலி அல்லது படக்கருவித் தாங்கியுடனேயே பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஒளிப்பட நிலையங்களில், படமெடுக்கப் பயன்படும் கருவிகள், காட்சிப் படக் கருவிகளைப் போன்றே எளிய அமைப்புடன் உள்ளன.

உடனடிப் படம் தரும் ஒளிப்படக் கருவி. 1948 இல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட போலராய்ட் படக்கருவியே (poloroid camera) நேரடியாகப் படத்தைத் தரும் படக்கருவிகளின் முன்னோடியாகும். படச்சுருளுடன் இணைக்கப்பட்ட பைகளிலுள்ள கூழ்போன்ற வேதிப் பொருள்கள், படச்சுருள் படக்கருவியிலிருந்து வெளியே எடுக்கப்படும்போதே படச்சுருளைப் பதப்படுத்தி படத்தை அச்சடிக்கின்றன. இதனால் படமெடுப்பவர் படமெடுத்த உடனேயே படத்தைப் பார்த்துத்

தேவைப்படுகின்ற மாற்றங்களைச் செய்து மீண்டும் ஒரு முறை படமெடுக்கலாம். ஒளியையும், வெளிக் காட்டலையும் தொழில் முறைப் புகைப்பட ஆய்வு வல்லுநர்கள், எதிரொளிக்கும் காட்சி ஒளிப்படக் கருவிகளில் போலராய்ட் பொருத்திகளை அடிக்கடி பயன்படுத்துகின்றனர்.

ஒருவகைப் போலராய்ட் கறுப்பு வெள்ளைப்படச் சுருள், படத்தை மட்டுமன்றிப் பெரிதுபடுத்தக்கூடிய எதிர்மறைப் படத்தையும் உடனடியாகத் தருகிறது. அறிவியல் மற்றும் தொழிலுலகில் எதிர்மின் கதிர் அலைவு காட்டிச் சுவடுகள் குறையுள்ள பகுதிகள் ஆகிய பல்வேறு விவரங்களைப் பதிவாக்கப் போலராய்ட் படக்கருவிகளும் படச்சுருள்களும் பயன் படுகின்றன. மிகவும் புதுமையான போலராய்ட் படக் கருவியும் படச்சுருளும், 1973 இல் அறிமுகப்படுத்தப் பட்ட SX-70 அமைப்பாகும். இதில் பயன்படும் மின் எந்திரம், ஒவ்வொரு முறை படம் எடுத்ததும், தானாகவே படத்தை வெளித் தள்ளுகிறது. பிறகு சாதாரண ஒளியிலேயே படம் பதப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வகை எந்திரங்கள் 10'' தொலைவிலுள்ள பொருளைக்கூடப் படம் பிடிக்கக்கூடிய, எதிரொளிக் காட்சியும், குவியச் செய்யும் வசதியும் கொண்ட முன்னேற்ற அமைப்புடன் கூடியவையாகும்.

நீருக்கடியில் பயன்படும் படக்கருவி. இவற்றில் இருவித அமைப்புகள் உள்ளன. நீருக்கடியில் பயன் படுவதற்கென்றே அமைக்கப்பட்ட சிறப்பான ஒளிப் படக்கருவிகள் நீர்புகாத அழுத்தத்தைத் தாங்கும் பெட்டிக்குள் அமைக்கப்பட்டுப் படக்கருவியின் கட்டுப் பாட்டு உறுப்புகளோடு அமைந்த கருவிகளாகப் பயன் படுகின்றன. நீரால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைச் சீர் செய்ய, திருத்தும் வில்லையை இவ்வகைப் படக்கருவி யுடன் பயன்படுத்த வேண்டும்.

வானத்தில் படமெடுக்க உதவும் கருவி. இவற்றைக் கொண்டு பெரிய அளவில் தெளிவாகவும், விளக்க மாகவும் படமெடுக்க முடியும். சிறப்பியல்பு கொண்ட படக்கருவி தாங்கி, விமானத்தின் அதிர்வு விளைவைக் குறைக்கிறது. பிற கருவிகள், நகரும் விமானத்தி லிருந்து, நிலையான பொருள்களைப் படமெடுக்கும் போது ஏற்படும் விளைவுகளைச் சரிக்கட்டுகின்றன. விமானம் எந்த இடத்தின் மேல் பறந்து செல் கிறதோ அந்த முழுப்பரப்பையும், படச்சுருள்களில் தானாகவே தொடர்ந்து பதிவு செய்ய, மின் எந்திர இயக்கிகள் இவ்வகைப் படக்கருவிகளில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இப்படங்கள் ஒன்றன்மேல் ஒன்றாகக் குறிப்பிட்ட அளவில் விழுவதால், முப்பரிமாண நோக்கியில் இரண்டிரண்டு படங்களாகப் பார்க்கும் போது முப்பரிமாணம் இருப்பதுபோல் தோன்றும்; இதனால் இடங்கள் மற்றும் கட்டடங்களின் உயரத்தை வரைபடங்களில் எடுக்க முடியும்.

சிறப்பியல்புடைய படச்சுருள்களுடனும் வண்ண வடிகட்டிகளுடனும் உள்ள பல படக்கருவிகளால் ஒரே சமயத்தில் படமெடுத்து நிறமாலைப் பகுப்பு செய்வதன் மூலம், மாசு, தாதுப் பொருள்கள் இருக்குமிடம், பயிர்கள் தாவர வகை இவற்றின் நிலையை அறிய முடியும். பல்வகை நிறமாலைத் துணைக்கோள் ஒளிப்படக்கருவிகள், புவியின் வளங் கள் பற்றிய புதிய தகவல்களைத் தருகின்றன. ஸ்கைலாப் போன்ற மனிதர்களை ஏற்றிச் சென்ற துணைக்கோள்களின் படங்கள் எடுக்கப்பட்டுப் புவியில் அவை பதப்படுத்தப்பட்டன. ஆளில்லாத் துணைக்கோள்கள், தாமெடுத்த படங்களைத் தொலைக்காட்சி அமைப்பின் மூலம் புவிக்கு அனுப்பு கின்றன.

ஸ்டீரியோ ஒளிப்படக் கருவிகள். இவை இரு வில்லைகள் மூலம் அடுத்தடுத்து இரு படங்களை எடுக்கின்றன. முறைப்படி நோக்கும்போது இவை முப்பரிமாண விளைவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இக் கருவிகள், பொழுதுபோக்குப் புகைப்படக்கலையிலும் தொழில் நுட்பம் மற்றும் அறிவியல் புகைப்படக் கலையிலும் பயன்படுகின்றன. உள்நோக்கிகளால் சில மருத்துவ ஒளிப்படக் கருவிகள் மூலம், உடலிற் குள்ளேயே படமெடுக்க முடியும். வளையக்கூடிய கண்ணாடி இழைக்கற்றை, ஆராயும் கருவிக்கு வெளிச்சத்தைத் தருவதுடன், பொருளின் உருத் தோற்றத்தை ஒளிப்படக் கருவிக்கும் அனுப்புகிறது. இதனால் மருத்துவம் எளிதாகிறது. வயிற்று உட் பகுதியின் படங்கள், அறுவையில்லாமலே வயிற்றுப் புண்களைக் குணப்படுத்த மருத்துவர்களுக்கு உதவு கின்றன.

செய்முறைப் படக்கருவி. இது காட்சிப் படக் கருவியை ஓரளவு ஒத்துள்ளது. 60×90 செ.மீ. வரை அளவுள்ள பெரிய படத்தாள்களைப் பயன் படுத்துவதால், இது மிகப் பெரியவையாக இருப்ப துடன் இருப்புப்பாதையில் பொருத்தப்படுகின்றது. படக்கருவியின் பின்பகுதியில் படத்தாளுக்கு முன்னால் பொருத்தப்பட்ட கோட்டுத்திரை, பொருளின் உருத்தோற்றத்தைப் பல தொடர்கள் கொண்ட புள்ளிகளாக மாற்றுகிறது. பிறகு செப்பு அல்லது துத்தநாகச் செதுக்கல் செய்யப்படுகிறது.

மிக நுண்ணிய படக் கருவி. இது 9.5-16 மி.மீ. அளவு வரையுள்ள மிகச்சிறிய படச்சுருள் கொண்டு படமெடுக்க உதவுகிறது. மிகச்சிறிய அளவுள்ள இவை கையடக்கமாக உள்ளன. பெரும்பாலும் இவை நிலைத்த குவியத்தொலைவும், பல படங் களை எடுக்கும் வசதியும் கொண்டுள்ளன. இவற்றில் உள்ளடங்கிய ஒளியளக்கும் கருவிகளும் உண்டு. உளவுப் படக் கருவிகளாகப் பயன்படும் போது இவை கைக்கடிகாரம், கைத்தடி, சிகரெட் கொளுத்தி களுக்குள் பொருத்தப்படுகின்றன.

துணைக் கருவி. பல ஒளிப்படக்கருவிகள் தமக் குள்ளேயே ஒளி அளக்கும் கருவிகளைக் கொண்ட போதும், தனியான ஒளியளக்கும் கருவி தேவை யாகும். சில புதுமைப்படக் கருவிகளில் குறுகிய வில்லைக் கோணங்களையும், மின்னொளியில் அள வையும் அளக்க முடியும். சிலவற்றில் ஒளியின் நிறத் தையும், வெப்பத்தையும் கூட அறியலாம். மின்ன ணுவால் இயங்கும் பல மின்னொளிக் கருவிகள், சிறு அளவும் தானாகவே ஒளியைக் கட்டுப்படுத்தும் வசதியும் கொண்டுள்ளன. ஒளிப்பட வண்ண வடி கட்டிகள், வண்ணங்களைக் கட்டுப்படுத்தவும், சிறப்பு விளைவுகள் தரவும் பயன்படுகின்றன. வில்லை மூடி மற்றும் சூரியத்தடுப்பு முதலியவை பளிச்சிடும் ஒளியைக் குறைக்கின்றன. மிக அருகில் படம் எடுக்க உதவும் வில்லை, விரிவாக்கக் குழல், துருத்தி முதலியன உள்ளன. முக்காலிகள் மற்றும் படக்கருவி தாங்கிகள், படக்கருவியை நிலையாக வைக்கின்றன. படக்கருவியைச் சிறிதும் அசைக்காமலே சாளரத் திரையைத் திறக்கக் கம்பி மூலம் இயங்கும் சாளரத் திரைத் திறப்பான் அமைப்பு உள்ளது.

சலனப் படக் கருவி. சலனப்படச் சுருள் பல அசையாப் படங்கள் கொண்டதாகும். சலனப் படச் சுருள், படக்கருவியினுள் நகரும்போது, இதன் இயக்கம் தொடர்ச்சியாக இல்லை. இதற்கு மாறாக, ஒவ்வொரு படத்தாளும் வில்லைக்குப் பின்னால் முழுதும் நின்று விடுகிறது. பிறகு சாளரத் திரை திறக்கப்பட்டு, படம் பிடிக்கப்பட்டு, படச் சுருள் அடுத்த இடத்துக்கு நகர்கிறது. ஊமைப் படங்களுக்கு ஒரு நொடிக்கு 18 பட வேகத்திலும், பேசும் படங்களுக்கு ஒரு நொடிக்கு 24 பட வேகத் திலும் படச்சுருள் நகர்கிறது.

- இரா. வேங்கடசுப்பிரமணியன்

ஒளிப்படப்பொருள்

ஒளிப்படத் துறையில் ஒளிப் படத்தட்டு (photographic plate), ஒளிப்படச்சுருள் (photographic film), ஒளிப் படத்தாள் (photographic paper) போன்றவை பயன் படுகின்றன. இப்பொருள்களில் முறையே கண்ணாடி, ஞெகிழி (plastic), தாள் முதலியன தாங்கிகளாக உள்ளன. இத்தாங்கிகளின் மேல் ஒருவித பால்மம் (emulsion)பூசப்பட்டுள்ளது. இப்பால்மங்கள்,வெள்ளி ஹாலைடு படிகத்தை ஜெலாட்டினில் கரைத்துப் பெறப்படும் திண்குழைமக் (suspension) கரைசல் களாகும். இவற்றைப் பூசுவதன் மூலம் ஒளிப்படப் பொருள்களின் மேல் ஒளி நுண்ணுணர்வுள்ள படிவு கிடைக்கிறது. இப்படிவில்தான் பொருளின் முதல்படி உண்டாகிறது.

தாங்கி

ஒளிப்படத்தட்டு. ஒளிப்படத்தட்டுகளில் கண்ணா டியைத் தாங்கியாகத் தேர்ந்தெடுப்பதற்குக் காரணம் அவற்றின் ஒளித்தெளிவுத் தன்மையும் தட்டைத் தன்மையும் ஆகும். கண்ணாடித் தாங்கிகளின் பருமன் ஒளிப்படத்தட்டின் அளவிற்கேற்ப மாறுபடுகிறது. வழக்கமாக இவற்றின் பருமன் 1.0 - 4.8 மி.மீ. இருக்கும்.

ஒளிப்படச்சுருள். பலஆண்டுகளாக எளிதில் எரியும் தன்மையுள்ள செல்லுலோஸ் நைட்ரேட் என்னும் பொருளே ஒளிப்படச்சுருள்களில் தாங்கியாகப் பயன் பட்டு வந்தது. ஆனால் தற்போது இதற்கென்றே சில பொருள்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. அவை செல்லுலோஸ் ட்ரை அசெடேட், செல்லுலோஸ் அசெடேட் ஆகும். இவை பாதுகாப்பானவை; மென்மையானவை; ஒளிஊடுருவக் கூடியவை; வண்ண மில்லாதவை; ஒளிச்சமச்சீரானவை; மெதுவாக எரியும் தன்மையுடையவை. மிகு உறுதி வாய்ந்த தாங்கிகளுக்கும் பிற பல்லுறுப்புச் சேர்மங்கள் பயன் படுகின்றன. அவற்றுள் வினைலேட், பாலிஸ்டைரின், பாலி கார்பனேட், பாலிஎஸ்ட்டர் ஆகியவை குறிப் பிடத்தக்கவை. இப்பொருள்களில் பாலிஎஸ்ட்டரில் குறிப்பாக டெரிப்தாலிக் அமில எஸ்ட்டரும், எத்தி லீன் கிளைக்காலும் சேர்ந்து கிடைக்கும். இவ்வகைப் பாலிஎஸ்ட்டர் பெரும்பாலான படச்சுருள்களில் தாங்கிகளாக உள்ளது. செல்லுலோஸ் எஸ்ட்டர்கள் தாங்கிகளாகப் பயன்படும்போது அவற்றில் வளையும் தன்மையை உண்டாக்க ஞெகிழ்விப்பிகள் (plasticizer) சேர்க்கப்படுகின்றன. படச்சுருள் தாங்கிகளின் பருமன் பொதுவாக 0.06 - 0.23 மி.மீ. உள்ளது. 1.5 மீ. நீளமுள்ள தொடர் சுருளாகவும் செய்யப்படும்.

ஒளிப்படத்தாள். ஒளிப்படத்தாள்கள் நிறம் நீக்கப் பட்ட α - செல்லுலோஸ் மிகுந்துள்ள தாளின் கூழிலி ருந்து தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவ்வகைக் கூழில் வேதி யியல் மாசும், மரத்துகளும் இருத்தல் கூடா. இக்கூழில் தயாரிக்கப்பட்ட தாள்களில் ஈரவலிமை (wet strength) மிகுதியாக உள்ளது. இவற்றின் மேல் ஜெலாட்டினில் பேரியம் சல்ஃபேட் திண் குழைம மேற்பூச்சுப் பூசப்படு கிறது. இவ்வாறு பூசுவதன் மூலம் ஒளிபடத்தாளின் எதிரொளிப்புத் தன்மை (reflectance) மிகும். வெண் மைத்தன்மையைப் பெருக்க, தன்னொளிர் ஒளிர்விப் பிகள் (fluorescent brightners) சேர்க்கப்படுகின்றன. இவை மிக நீண்ட சுருள்களாகவும் கிடைக்கின்றன,

பால்ம மேற்பூச்சு. ஒளிப்படப்பொருளான தட்டு, சுருள், தாள்களின் மேலும் ஒருவகை மேற்பூச்சுப் பூசப்படுகிறது. இவை பெரும்பாலும் வெள்ளி ஹாலைடு படிகங்களை ஜெலாட்டினில் கரைத்துப் பெறப்படும் திண் குழைமக் கரைசல்களாகும். இவ் வகையான பால்மங்கள் ஒளிப்படத்தட்டின் (சுருள்) மீது பூசுவதற்கு முன்பு ஒரு முறை பூசப்படுகிறது.

இது அதன் மேல் பூசப்படும் மேற்பூச்சு நன்றாக ஒட்டிக்கொள்ள உதவி புரிகிறது. கீழ்ப்பூச்சுகள் பொதுவாக ஒளிப்படத் தாள்களுக்குப் பூசப்படுவதில்லை. ஆனால் சில தனிவகைத் தாள்களுக்குப் பூசப்படுகின்றன. சான்றாக, நீர் எதிர்க்கும் (water repellant) தாள்களுக்குச் செயற்கைப் பல்லுறுப்புச் சேர்மங்களாலான பூச்சுகள் பூசப்படுகின்றன.

பால்மம். ஒளிப்படவியலில் பயன்படும்பால்மங்கள், ஜெலாட்டினில், வெள்ளி ஹாலைடு (வெள்ளி குளோரைடு, வெள்ளி புரோமைடு, வெள்ளி அயோடைடு) சேர்ந்து உண்டாகும் திண் குழைமக் கரைசல்களாகும். உற்பத்தியின்போது இவற்றின் முதிர்ச்சி குறிப்பிடத்தக்கது. மேலும் இவற்றோடு பல வேதிப்பொருள்களைச் சேர்ப்பதால் ஜெலாட்டின் கடினமாகும். மேற் பூச்சுகளின் பருமனில் சீரான நிலை உண்டாகும்.

பால்மத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளிக்கு உணர்வுடையதாக்க வேதிப்பொருள்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. தாங்கிகளின் மீது பால்மம் பூசப்பட்டு அவை குறிக்கப்படுகின்றன. இதனால் பால்மம் தாங்கிகளின் மீது நன்றாகப் படிகிறது. அதன்பின் தாங்கிகளின் ஈர அளவு ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்கு உலர்த்தப்படுகின்றது. பல்வகைப் படச்சுருள்களுக்கும், ஒரு சில தட்டுகளுக்கும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மேற்பூச்சுகள் (0.0002 அங்குலம்) தரப்படுகின்றன. பெரும்பாலான ஒளிப்படச் சுருள்களில் ஒரு புறமே மேற்பூச்சுப் பூசப்படுகிறது. சில கறுப்பு-வெள்ளைப் படச் சுருள்களுக்கு ஒரே பக்கத்தில் இரு முறை மேற்பூச்சுப் பூசப்படுகிறது. சில வண்ணப்படச் சுருள்கள் ஆறுமுறைக்கும் மேல் மேற்பூச்சுப் பெறுகின்றன. படச்சுருள்களின் வெளிப்புறத் தேய்வைக் குறைக்க கூருணர்வற்ற (non- sensitized) மேற்பூச்சுகள், பால்மப் பூச்சுகளின் மீது பூசப்படுகின்றன.

படச்சுருள்களின் முன்புறம் பூசப்பட்ட. ஜெலாட்டின் பால்மத்தால் ஏற்படும் சுருள் விசையைப் போக்குவதற்குப் படச்சுருளின் பின்புறமும் ஜெலாட்டின் பூசப்படுகிறது. மறிநிலைப்படிவம் (negative) செய்யப் பயன்படும் படச்சுருள்களில் இருக்கும் பால்ம மேற்பூச்சுக்குப் பின்புறமாகவோ பால்ம பூச்சுக்கும் தாங்கிகளுக்கும் இடையிலோ எதிர்க்கும் ஹாலைடு (antihallation) பூச்சுகள் பூசப்படுகின்றன. சில படச்சுருள்களுக்கு உராய்வால் ஏற்படும் மின்னேற்றத்தைக் குறைக்கச் சில முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. ஒளிப்படத் தாள்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் மேற்பூச்சின் பருமன் ஒளிப்படச்சுருள்களுக்குப் பூசப்படும் மேற்பூச்சின் பருமனைவிடப் பல மடங்கு குறைவு. ஆனால் அவை மிகுதியாகக் கடினமாக்கப்பட்டவை ஆகும்.

- கி.மு.மோகன்

ஒளிப்படமுறை (நிலவியல்)

புவி அமைப்புகளைப் பற்றி தெளிவாக அறிந்து கொள்வதற்கு ஒளிப்பட முறை நிலவியல் படங்கள் (photo geological maps) பயன்படுகின்றன. கடந்து செல்ல முடியாத காடுகள் நிறைந்த நில அமைப்புகளை ஒளிப்பட நிலவியல் மூலம் அறிந்து கொள்ளலாம். ஒளிப்படங்களின் நுண் இழைமையும் (texture), துகள் அமைப்பும், ஓரிடத்தின் நிலவியலையும், நிலவியல் அமைப்புகளையும் அறியப் பயன்படுகின்றன. ஒளிப்படமுறையியலின் மூலம் பாறைப்படிவுகளின் அமிழ் சோணம், கண் மட்டம், வான் மட்டத்திற்கு (eye base, airbase)உள்ள விகிதம் ஆகியவற்றை வேறு சில காரணத்தால் ஏற்படுகின்ற மிகை மாறுதலையும் தவிர்த்து நுட்பமான பட்டறிவால் அறியமுடியும்.

வான்வெளி நில அளக்கையியல் (aerial survey) என்பது ஒரு புதிய அறிவியற் பிரிவாக வளர்ந்துள்ளது. வான்வெளி நில அளக்கையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன;

வான் ஒளிப்படம் எடுத்தல் *(air photography)*. வான் ஒளிப்படங்கள் எடுக்கும் பயிற்சி நுண்ணறிவையும், அதற்கு உதவும் கருவிகளையும் குறிக்கும். இதற்குவிமானம், ஒளிப்படக் கருவி, படச்சுருள், கட்டுப்பாட்டுக்கருவி, மேலும் சில வரையறைகள் தேவைப்படும்.

வான் ஒளிப்பட இயல் *(aerial photography)*. இது ஒளிப்படம் எடுப்பதில் உள்ள நுண்ணறிவையும், நேர்குத்து வான் ஒளிப்படங்கள் (vertical air photos), சாய்வு வான் ஒளிப்படங்களின் குறைபாடுகளையும், வரையறைகளையும் உணர்த்தும். வான் நில அளக்கை அதன் குறிக்கோள், விமானத்தின் செயலாக்கம், விமானத்தின் நிலத்தடங்களை வகைப்படுத்துதல் என்பன இதில் அடங்கும். ஒளிப்படக் கருவியியல் என்பது (photo grammetry) வான் ஒளிப்படங்கள் மூலம் நில அமைப்புகளின் சரியான தொலைவு, உயரம் அல்லது ஆழம் ஆகியவற்றை நில வரைபடங்களாகத் (contour map) தயாரித்துத் தொகுக்கும் தொடர்புடைய துறையாகும். இவ்வியலில் பருநோக்கு முறை (stereoscopy), திட்ட வரைமுறைப் படம் குறித்தல் (planimetric plotting), சம உயரக் கோடுகள் வரைதல் (method of contouring) என்பவை அடங்கும்.

வான் ஒளிப்படங்களின் விளக்கம். இது வான் ஒளிப்படங்களின் மூலம் பெறும் ஓர் அறிவியல் பிரிவு அல்லது ஒரு திட்டத்தின் மிக முக்கிய விளக்கமாகும். எடுத்துக் காட்டாக, நிலஇயல், வனஇயல் (forestry) அல்லதுசாலையை ஒழுங்குபடுத்துதல்(road alignment) அல்லது நீர்ப்பாசனத் திட்டங்கள் ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம். வான்வெளி அளக்கையியல்,வனஇயல்

ஒளிபடக் கருவியியல் ஆகியவை நில அமைப்பு அளக் கையியலில் மிகமுக்கிய உறுப்புகளாகத் திகழ்கின்றன.

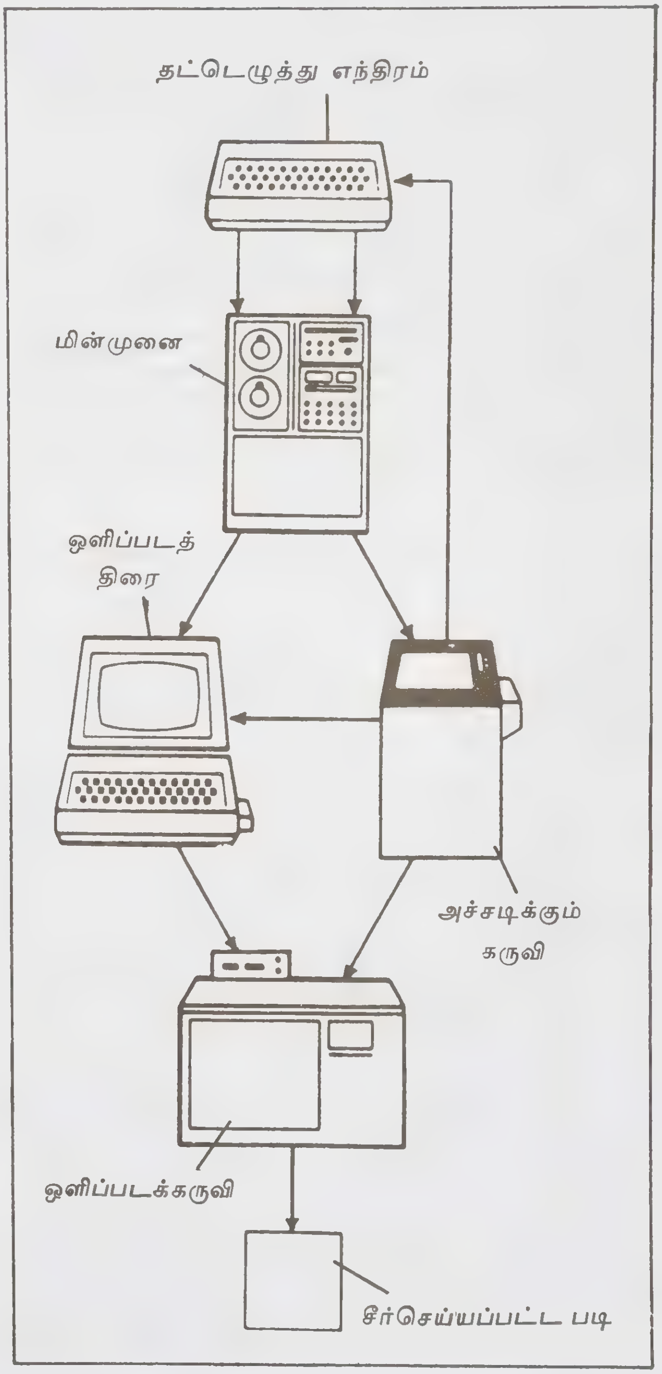
நேர்குத்து வான் ஒளிப்படங்கள் எங்கு தெளி வான நில அமைப்புக் கிடைக்கின்றதோ அதன் முழு நில அமைப்பு (topography), மண் வகை, வடிநீர்ப் பாதை, பாறைகளின் வேறுபாடு, இயற்கை வளம், தாவரம் ஆகியவற்றின் உருவங்களைத் தன்னுள் அடக்கிக் கொள்கின்றன. இதில் நிலஇயல் அமைப் புகள் மிகத் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. கடினப் பாறைகளின் வரிவடிவ அமைப்புகள் வெவ்வேறு தட்பவெப்ப மாற்றங்களால் (weathering) தெளி வாகத் தெரிகின்றன. மேலும் இவ்வரிவடிவ அமைப்பு களை நில அளவுகளோடு ஒப்பிட்டு அமிழ்கோணத் தைக் (dip) காண முடியும். செம்பாளப்பாறை (dyke), உள் நுழைவுகள், தாவர வளர்ச்சி ஆகிய வற்றிற்கு மிகுதியான தடை கொடுப்பதால் அவற்றின் அமைப்புகள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. பெயர்ச்சிப் பிளவுகளை (fault) வடிநீர்ப் பாதை அமைப்பைக்கொண்டோ, பாறைப் படிவுகளின் தொடு இடப்பெயர்ச்சியைக் கொண்டோ எளிதில் குறிப்பிட முடியும். எங்கு நிலப்படிவுகள் நன்றாகத் தெரிகின்ற னவோ அவ்விடங்களில் நிலவியலாருக்கு நேர்குத்து வான் ஒளிப்படங்கள் நேரத்தையும், ஆற்றலையும் மிச்சப்படுத்த உதவுகின்றன. இதனால் பாறை வகைகளின் வரையறைகளை அமிழ்கோணம், கிடை மட்டம், சில அமைப்புகளான மடிப்புகள், பெயர்ச்சிப் பிளவுகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு எளிதில் காண முடியும்.

- ந. சந்திரசேகர்

ஒளிப்பட முறையில் அச்சுக்கோத்தல்

ஒளியின் மூலம் அச்சு எழுத்துக் கோக்கும் எந்திரத் தில், தட்டெழுத்து எந்திரம் போன்ற எழுத்தமைப்பு உள்ளது. இதை இயக்குவதன் மூலம் ஒளிப்படத் தாளிலோ படச்சுருளிலோ தேவையான எழுத்துகள் பதிவாகும். பின் இவை விரிவாக்கப்பட்டு அச்சடிக்கப் பயன்படும் தகடுகளில் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. இந்த எந்திரத்தின் உதவியால் நிமிடத்திற்கு நூற்றுக் கணக்கான சொற்களைத் தூய்மையாகவும், பிழை யற்றமுறையிலும், விரைவாகவும் செய்ய முடியும்.

இந்த எந்திரத்தில் முக்கியமாக நான்கு பகுதிகள் உண்டு. அவற்றில் செய்தியை எந்திரத்திற்குக் கொடுக்கும் தட்டெழுத்து அமைப்பும் ஒன்று. இது பல வகைப்படும். இதை இயக்கித் தேவையான பாடத்தை அச்சடித்துக் கொள்ளலாம். அதன் படி சில எந்திரங்களில் கிடைக்கும். அதன்மூலம் பிழை திருத்தம் செய்து கொள்ளலாம். சிலவற்றில் ஆவணக் கோப்புகளை எடுத்துப் பாதுகாத்து மீண்டும் அவற் றைப் பயன்படுத்த முடியும். இக்கோப்புகள் தாளிலும் காந்தச் சுருள்களிலும் கிடைக்கும். சில தட்டெழுத்து அமைப்பில் மேலே கூறியவாறு எடுக்க முடியாது. நேராக ஒளிப்பட அச்சு எந்திரத்துடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். தட்டெழுத்து இயக்குநர், எழுத்தின் அளவு, இடைவெளி, காலக்குறியீடு, வரிகளின் அமைப்பு ஆகியவற்றை அறிந்திருக்க வேண்டும்.



கணிப்பொறியே இந்த எந்திரத்தில் இரண்டாவதும் முதன்மையானதும் ஆகும். இக்கணிப்பொறி வரியின் இறுதியை முடிவு செய்கிறது. செய்திகளை நினைவில் பதிவு செய்து கொள்கிறது; எழுத்தின் அளவை முடிவு செய்கின்றது; ஒளிப்படத்தின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது; காலக்குறியீடுகளை அமைக்கிறது. இடை வெளியைச் சீர் செய்கின்றது. இது தட்டெழுத்து எந்திரத்துடன் இணைந்தும் தனித்தும் இயங்கும் அல்லது ஒளிப்பட எந்திரத்துடன் சேர்ந்தும் இயங்கும்.

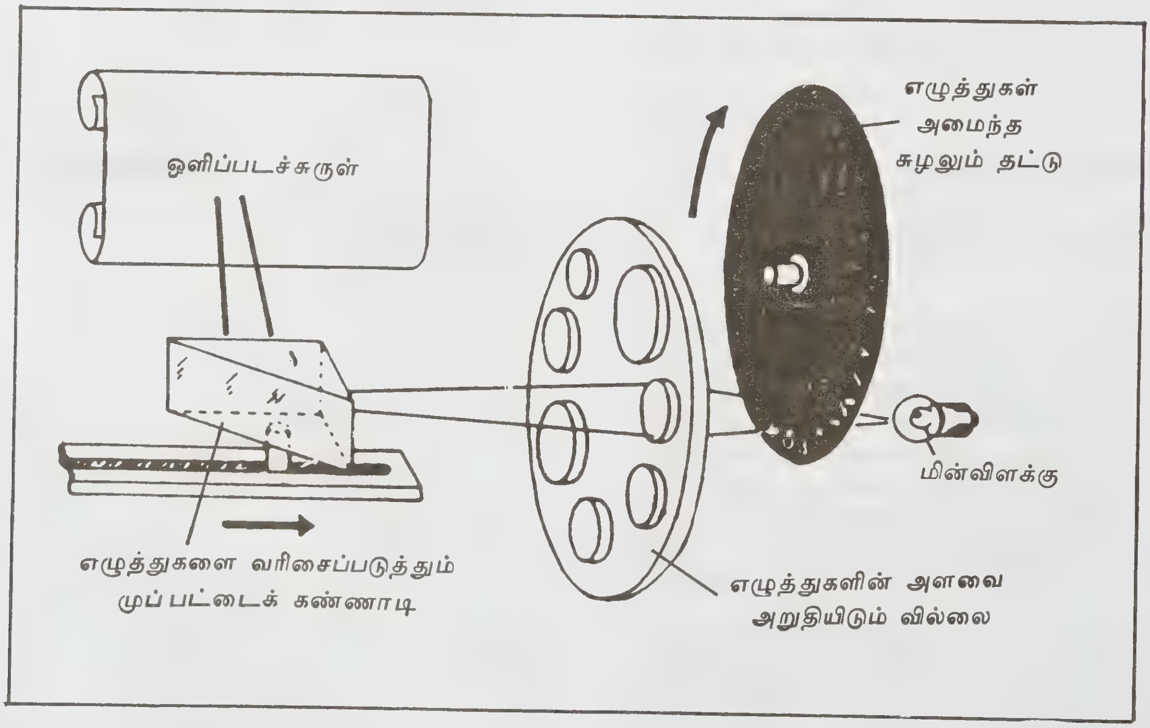
மூன்றாவதாக தட்டெழுத்து அமைப்பில் தந்துள்ள செய்தியைத் திரைமூலம் காட்டக் கூடிய கருவியும் உண்டு. அதைப் படித்து ஆவன செய்து கொள்ளவும் முடியும்.

நான்காவதாகத் உள்ள ஒளிப்பதிவு செய்யும் எந்திரம், எந்திரத்தின் இதயமாகக் கருதப்படும். எழுத்துகளின் வரிவடிவம் அமைந்த மறிநிலைப்படிவத்தால் (negative) ஆன வட்ட அமைப்புகள் அல்லது படச்சுருள்கள் இதில் இருக்கும். அடுத்து இப்பகுதியில் ஒரே சீராக ஒளியிடும் கருவி உண்டு. வில்லைகள் கொண்ட குழல்கள் பல அமைந்துள்ளன. மேலும் எழுத்துகளை முறைப்படுத்த ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடியுள்ளது. இதனால் எழுத்துகள் ஒன்றின்மேல் ஒன்று விழுவது தடுக்கப்படுகிறது. இறுதியாக ஒளிப்படச் சுருளை வரி அமைப்புக்கிணங்க நகர்த்தும் கருவி இருக்கும்.

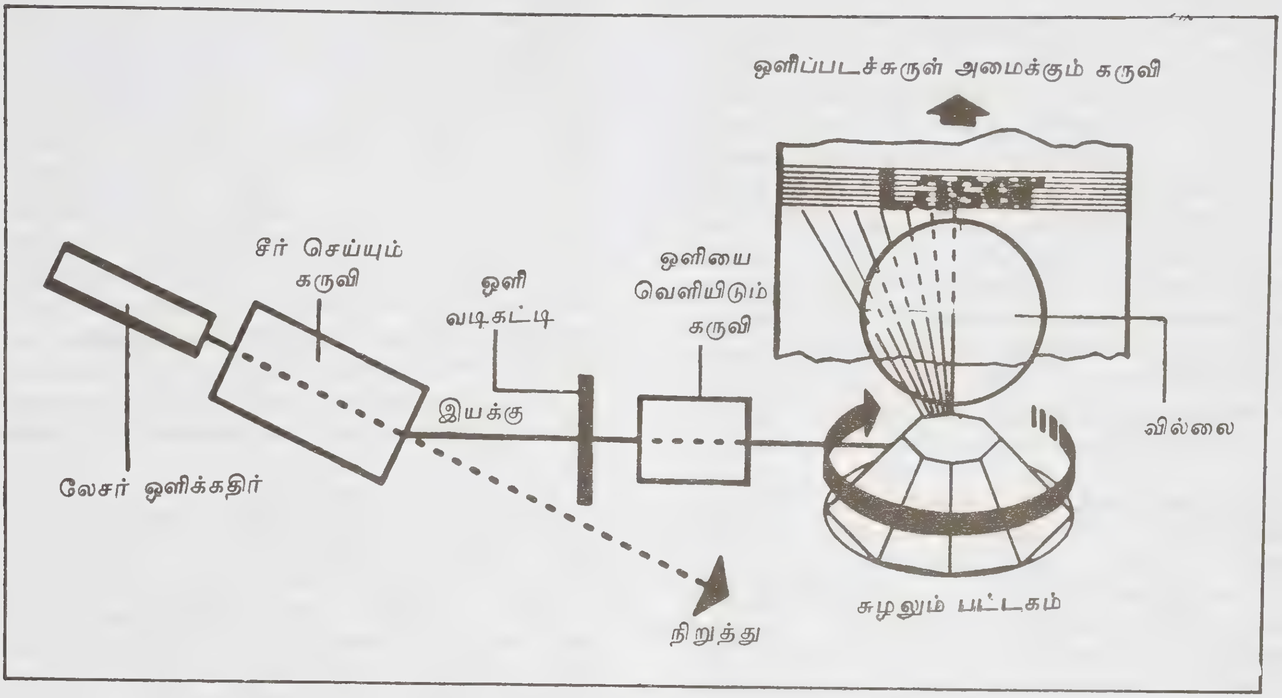
மேலே கூறியவாறு ஒளியிடப்பட்ட படச்சுருளைப் பெருக்கிக்கொள்ளத் தனி எந்திரம் உள்ளது. இது மேற்காணும் சுருளை வேதி முறையில் பெருக்கி உலர்த்தி எழுத்துகளைச் சுருளில் உறுதிப்படுத்தி அச்சிடப்பயன்படும் தகடுகள் பயன்பட ஏற்றவாறு செய்கிறது.

வட்டுகளும் நாடாக்களும் *(discs and tapes)* தட்டெழுத்துக் கருவியில் எழுத்துகள் யாவும் அதன் அருகில் உள்ள திரையில் தோன்றிக் கொண்டேயிருக்கும். அதைக் கணிப்பொறியில் பதிவு செய்து கொள்வதற்குப் பல வழிகள் உள்ளன. இன்றைய நிலையில் தாள் நாடா, காந்த நாடா அல்லது காந்தத் தட்டுகள் பயன்பாட்டில் உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் அதன் தனித்தன்மையாகப் பல நன்மைகள் உள்ளன.

தாள்நாடா. வரிசையாகத் துளையிடப்பட்டதாள் நாடா ஏறக்குறைய ஓர் அங்குலம் அகலமுடையது. தட்டெழுத்துக் கருவியில் எழுத்துகள் அடிக்கும்போது அதற்கேற்றவாறு துளைகள் தோன்றுகின்றன. தாள் நாடா ஒதுக்கப்பட்டதற்கான காரணங்களாவன:



ஒளிப்பட அச்சுக் கோக்கும் எந்திரத்தின் தத்துவம்.



லேசர் ஒளிமுறையில் அமைந்த ஒளிப்பட அச்சுக் கோக்கும் எந்திரத்தின் வரைபடம்

இது கணிப்பொறியில் மிகு இடத்தை அடைத்துக் கொள்கிறது. காந்த நாடாவிலும் தட்டுகளிலும் உள்ளதைவிட மிகக்குறைந்த தகவல்களையே இதில் சேர்த்து வைக்க முடியும். தவறுகள் திருத்தப்பட வேண்டுமென்றால் வேறு தாள் நாடாவையே அமைக்க வேண்டியுள்ளது.

காந்த நாடா. பாட்டுக் கேட்கும் ஒலிப்பதிவு நாடாவைப் போல் பழைய தகவல்களை முழுதுமாக அழித்துவிட்டு வேறு புதிய தகவல்களை இதில் சேர்த்து வைக்க முடியும். இதன் விலை தாள் நாடாவைவிடக் கூடுதலாக இருந்தாலும் இது, விரைவானதும், இரைச்சலற்றதும், வாய்ப்புடையதுமான அமைப்பாகும்.

காந்தத் தட்டுகள். இது நிமிடத்திற்கு 45 சுற்றுகள் சுற்றக்கூடிய இசைத் தட்டுத் தோற்றம் உடையது. குறைந்த விலை, இரு பக்கங்களிலும் தகவல்கள் சேர்த்துக் கொள்ளும் தன்மை ஆகியவையே இதில் உள்ள சிறப்புகளாகும். ஒளிப்பட முறையில் எழுத்துக் கோக்கும் கருவி ஒளி, மின்னணு, எந்திர ஆற்றல் ஆகிய மூன்று ஆற்றல்களின் உதவியால் இயங்குகிறது. ஒளிப்படக் கருவி ஒரே நேரத்தில் பல தட்டச்சு எந்திரம் தரும் எழுத்துகளை எளிதாக நினைவில் கொள்ளும் ஆற்றலுடையது.

பதிவாகும் முறை. ஒளிப்படம் எடுக்கும் கருவியின் முன் பொருளை நிறுத்தி வைத்து ஒளிப்படச் சுருளில் உருத்தோற்றம் படுமாறு செய்தால் பொருளின் மேல் உள்ள ஒளியின் காரணமாக அதன் உருவம் ஒளிப்படக்கருவியின் உள்ளே இருக்கும் படச் சுருளில் பதிவாகிறது. அதேபோல் இங்கு எழுத்துகள் தட்டப்படும்போது அகற்கேற்ற ஆற்றல் வாய்ந்த ஒளி கணிப்பொறியில் இருக்கும் ஒளிப்படச் சுருளிலோ, தாளிலேயோ பதிவாகும்.

-ப. தருமர்

ஒளிப்படவியல்

ஒளியால் பாதிக்கப்படும் வேதிக் கூட்டுப்பொருள் பூசப்பட்ட தளத்தின் மீது வில்லையின் (lens) உதவியால் ஒரு பொருளின் உருவத்தைப் பதிய வைத்தல் ஒளிப்படம் (photograph) தயாரித்தல் எனப்படும். (கிரேக்க மொழியில் photo என்னும் சொல் ஒளியையும், graphein என்பது வரைவதையும் குறிக்கிறது) ஒளிப்படங்களைத் தயாரிக்கும் முறை, ஒளியியல் செயல்பாட்டாலும் வேதிச்

சேர்மங்கள் அடையும் மாறுதல்களின் அடிப்படை யிலும் அமைகிறது.

பதினைந்தாம் நூற்றாண்டில், லியானார்டோ டாவின்சி உட்புறம் கறுப்பு வண்ணம் பூசப்பட்ட ஒரு பெட்டியிலுள்ள சிறு துளை வழியே ஒளியைச் செலுத்தி உருத்தோற்றம் உண்டாக்கினார். இதிலிருந்து பல நிலைகளில் ஒளிப்பட முறை வளர்ந்து வந்தது என்றாலும், தற்காலத்தில் பயன்படும் நேர்-எதிர் (positive negative) ஒளிப்பட முறையை முதலில் உருவாக்கியவர் வில்லியம் டால்போ என்னும் ஆங்கில வல்லுநரே ஆவார். இவர் ஒளியுணர் (photo sensitive) தன்மையுள்ள வெள்ளி நைட்ரேட் பூசப்பட்ட தாளின் மீது உருத்தோற்றப் பதிவை உண்டாக்கினார். இது எதிர் உருவப்படம் (negative picture) ஆகும். இதிலிருந்து நேர் உருவப்படங்களைத் தயார் செய்து கொள்ளலாம்.

சர் ஜான் ஹெர்செல் என்னும் வானியலாரே ஒளிப்படவியல் (photography) என்னும் சொல்லை முதன் முதலில் பயன்படுத்தினார். ஒளிப்பட முறையில், பதிவு செய்யப்பட்ட உருத்தோற்றத்தை நிலை நிறுத்த ஹைப்போ (hypo) எனப்படும் சோடியம் தயோசல்ஃபேட்டைப் பயன்படுத்தலாம் என்பதை முதலில் தெரிவித்தவரும் இவரே ஆவார். நாளடைவில் ஏற்பட்ட அறிவியல் வளர்ச்சியில், இன்றைய ஒளிப்படவியலில், கணிப்பொறி கொண்டு வண்ண ஒளிப்படங்களையும், உடனுக்குடன் கிடைக்கும் போலராய்டு ஒளிப்படங்களையும், அண்மை ஒளிப்படங்களையும் முப்பரிமாண ஒளிப்படங் களையும் மிக எளிதில் உருவாக்கமுடிகிறது.

ஒளிப்படம் தேவைப்படும் ஒரு பொருளின் உருத் தோற்றத்தை நுட்பமாக உண்டாக்கித் தருவது ஒளிப்படப்பெட்டி (camera) ஆகும். இது தகுந்த உருவில் அமைந்த ஓர் ஒளிபுகாப் பெட்டியாகும். இதன் உட்பகுதி முழுதும் பளபளப்பற்ற கறுப்பு வண்ணம் பூசப்பட்டுள்ளது. பெட்டியின் உள்தளத்தின் மீது சிதறி விழும் ஒளி, எதிரொளிக்கப்படாமல் உட்கவரப்பட இம்முறை பெரிதும் உதவுகிறது. தொடக்ககாலமான 1660 இல் தயாரிக்கப்பட்ட ஒளிப்படப்பெட்டி 60 செ. மீ நீளமுடன் இருந்தது. காலப்போக்கில் பல மாறுதல்களைப் பெற்று, இன்றைய ஒளிப்படப் பெட்டி மிகச் சிறந்ததாகக் கையடக்க அளவில் உள்ளது.

ஓர் ஒளிப்படப்பெட்டியின் முதன்மைப் பகுதி வில்லை ஆகும். ஒளிப்படப்பெட்டியின் முன்புறம் அமைந்துள்ள இக் குவி வில்லை பொருளின் தெளி வான உருத்தோற்றத்தை ஒளிப்படத் தட்டின் மீது விழச் செய்கிறது. இவ்வுருத்தோற்றம், நிறப்பிறழ்ச்சி (chromatic aberration) கோளகப் பிறழ்ச்சி (spherical aberration), குலைவு (distortion) போன்ற குறை களின்றித் தெளிவாகவும் கூர்மையாகவும் உள்ளபோது தான் ஒளிப்படம் சிறப்பாக அமைகிறது. சாதாரண, எளிமையான பெட்டி வடிவ ஒளிப்படப் பெட்டிகளில் ஓர் ஒற்றை வில்லை மட்டுமே இருக்கும். எனவே, இத்தகைய ஒளிப்படப் பெட்டிகளால் தோற்றுவிக்கப் படும் ஒளிப்படங்களில் மேற்கூறிய குறைபாடுகள் முற்றிலும் நீக்கப்பட்டிருக்கும் என்று கருத முடியாது. விலையுயர்ந்த தற்கால ஒளிப்படப் பெட்டிகளில் ஒற்றை வில்லைக்குப் பதில் கணிப் பொறியால் திட்டமிடப்பட்ட வில்லைக் கூட்டமைப்பு (system of lorses) பொருத்தப்படுகிறது. மேலும், வில்லையின் முன்தளத்தில் ஒளிச்சிதறலைத் தவிர்க்க கால்-அலை நீளத் தடிமன் கொண்ட மெல்லிய பூச்சைத் தடவு வதும் உண்டு, இத்தகைய வில்லை அமைப்பால், தோற்றுவிக்கப்படும் ஒளித்தோற்றம் முன்னர் குறிப் பிட்ட குறைபாடுகள் எதுவுமின்றித் தெளிவாக இருக்கும்.

ஒற்றை எதிரொளிப்பு வில்லை ஒளிப்படப் பெட் டியின் (single reflex lens camera) முன்புறம் அமைந் துள்ள வில்லை அமைப்பு, ஒளிப்படத்தட்டின் மீது உருத்தோற்றத்தை உண்டாக்கவும், உருத்தோற்ற அமைப்பைச் சீர் செய்யும் காட்சித் திரையில் (view finder) அதைக் காட்டவும் செய்கிறது. ஆனால், இரட்டை எதிரொளிப்பு வில்லை ஒளிப்படப் பெட்டி யில் (twin reflex camera) மேற்கூறிய இரு பணிகளுக் கும் இருவேறு வில்லைகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

ஒளிப்படப் பெட்டியின் அடுத்த முக்கிய பகுதி இடைத்திரை (diaphram) ஆகும். வில்லைக்கு அருகில் அமைந்திருக்கும் இதன் உதவியால் ஒளிப்படப் பெட் டிக்குள் வரும் ஒளியின் அளவைத் தேவையான அள விற்குக் கட்டுப்படுத்த முடியும். இடைத்திரை திறந்து இருக்கும் அளவு f எண்களால் (f - numbers) குறிக் கப்படுகிறது. வில்லையின் குவியத் தொலைவிற்கும், இடைத்திரையில் திறந்துள்ள துளையின் விட்டத் திற்கும் உள்ள தகவு f எண் ஆகும். ஒளிப்படப் பெட்டியிலுள்ள f எண்கள் பொதுவாக 22, 16, 11, 8, 5, 6, 4, 3. 5, 2. 8, 2, 1. 4 என்றிருக்கும். சில ஒளிப்பெட்டிகளில் இறுதியாகக் கூறப்பட்ட இ[illegible] எண்கள் இல்லாமலும் இருக்கலாம். மேற்கூறிய [illegible] வரிசையில் அடுத்தடுத்திருக்கும் எண் கொண்ட திறப்புகளின் பரப்பு, இரு மடங்காக மிகக்கூடும். எனவே, இத்திறப்புகளின் வழியே வரும் ஒளியின் அளவும் இரண்டிரண்டு மடங்காக பெருகிக் கொண்டே செல்லும்.

இடைத்திரையின் திறப்பின் அளவு குறைந்து கொண்டு செல்கையில் படத்தின் குவிய ஆழம் (depth of focus) கூடும். அதாவது, f எண் மிகுதியாக வைத்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிலுள்ள பொரு ளின் உருத்தோற்றத்தைத் தெளிவாக அமைத்து ஒளிப்படம் எடுத்தால், அதற்குச் சற்று முன்னும்

பின்னும் உள்ள பொருள்களின் உருத்தோற்றமும் ஓரளவிற்குத் தெளிவாகவே இருக்கும். இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட படத்தில், பொருள்கள் முன்னும் பின்னும் அமைந்துள்ள நிலையை உணர முடியும். f எண் குறைந்த நிலையில் எடுக்கப்படும் படங்களில் இத்தன்மை குறைவாகவே இருக்கும்.

மேற்கூறிய இடைத்திரைத் துளையைத் தேவை யான நேரத்திற்குத் திறந்து மூடுவதற்குள்ள அமைப்பு, மூடி (shutter) ஆகும். இந்த மூடியை $\frac{1}{500}$ நொடி யிலிருந்து ஒரு நொடி வரை பல்வேறு திட்டமிடப் பட்ட கால அளவுகளுக்குள் திறந்து மூட இயலும். மேலும், ஒரு நொடிக்கு மேல் விரும்பும் அளவு நேரத் திற்கு ஒளி விடுப்புச்செல்ல B என்னும் ஓர் அமைப்பு உண்டு. இதனால், இடைத்திரைத் துளை அளவிற் கும் ஒளிச்செறிவிற்கும் ஏற்றவகையில் ஒளிப்படப் பெட்டியினுள் செல்லும் ஒளியின் அளவைக் கட்டுப் படுத்த முடியும். எடுத்துக்காட்டாகத் துளையின் அளவு குறைவாக இருந்தாலும் பொருளின் பொலிவு குறைவாக இருந்தாலும் ஒளிவிடுப்புக் காலத்தை உயர்த்திக் கொள்ளலாம்.

ஒளிப்படப் பெட்டியின் மேல்பகுதியில் அமைந் துள்ள காட்சித்திரை அமைப்பு, படம் பிடிக்க வேண் டிய பகுதியை உறுதிப்படுத்திக்கொள்ள உதவுகிறது. அதற்கேற்றவாறு, ஒளிப்படப் பெட்டியை முன்னும் பின்னுமாகவோ பக்கவாட்டிலோ நகர்த்தி, ஒரு காட்சியின் தேவையான பகுதியை மட்டும் காட்சித் திரையில் வைத்துக் கொள்ளலாம். இப்பகுதியின் உருத்தோற்றம் மட்டுமே ஒளிப்படப் பெட்டியினுள் சென்று ஒளிப்படச்சுருளில் பதிவாகும்.

ஒளிப்படத்தைப் பதிய வைக்கத் தேவைப்படும் படச்சுருள், ஓர் உருளையில் சுற்றப்பட்டு அதன் வெளிமுனை மற்றோர் உருளையுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். வில்லையால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட படம் ஒளிப்படப் பெட்டியினுள் வில்லைக்கு நேராக இருக்கும் படச்சுருளில் பகுதியின் மீது விழும். ஒவ்வொரு படத்திற்கும் ஒளிவிடுப்புச் செய்யப்பட்டதும் படம் விழுந்திருந்த சுருள் பகுதி உருளையில் தக்க அளவு சுற்றப்படும். படங்கள் முழுதும் எடுக்கப்பட்டு முடிக்கும் நிலையில் முதல் உருளையிலிருந்து படச்சுருளின் பெரும்பகுதி இரண்டாம் உருளைக்கு வந்திருக்கும். இதை முழுது மாக இறுகச்சுற்றி உருளையை வெளியே எடுக்க வேண்டும். புறவொளி, படச்சுருளைத்தாக்காவண்ணம் அதன் பின்புறம் கறுப்புத்தாள் சேர்க்கப்பட்டிருப்ப துண்டு.

பட அளவிலும் ஒளியுணர் தன்மையிலும் வேறு பட்ட பல வகைப் படச்சுருள்கள் நடைமுறையில் உள்ளன. குறைந்த ஒளியில் நுட்பமாகப் படங் களைப் பதிவு செய்ய மிகுநுட்பச் சுருள்களும் தெளிவாக மிகப் பெரிய அளவில் உருப்பெருக்கம் செய்யத்தக்க வகையில் அமைந்த ஒருவகைச் சுருள்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இச்சுருள்கள் 16 மி.மீ, 35 மி.மீ. 60 மி.மீ போன்ற அளவுகளில் கிடைக்கின்றன. ஒளிப்படப்பெட்டியின் அளவிற்கு ஏற்றவாறு தக்க அளவுடைய படச்சுருள் களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஒளியுணர் தன்மைமையைச் சுருளின் வேகம் என்றும் குறிப்பிடுவ துண்டு. இது பெரும்பாலும் ASA (American Standards Association) எண்களால் குறிப்பிடுவது மரபு. ASA 400 என்னும் படச்சுருள் ASA 100 என்னும் படச்சுருளை விட மிகுதியான ஒளியுணர் வேகம் கொண்டது. பொதுவாக படச்சுருள்கள் ASA 400, 20, 160, 125, 100, 80, 40 போன்ற வேகங் களில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. கட்புலன் நிறமாலையிலுள்ள அனைத்து வண்ணங்களில் ஒளியையும் சரிவரப் பதிவு செய்யப் பன்னிறமுணர் (panchromatic) சுருள்கள் தற்காலத்தில் பயன்படு கின்றன.

ஒளிப்படப்பெட்டி உண்டாக்கித் தரும் உருவம், அதில் உள்ள ஒளியுணர் தன்மை கொண்ட வேதிப் பொருள் பூசப்பட்ட படச்சுருள் அல்லது தட்டின் மீது விழுகிறது. ஒளிப்படம் எடுக்கப்பட வேண்டிய உருவத்தில் உள்ள பல்வேறு அளவு ஒளி அடர்த்திக்கு ஏற்றவாறு சுருள் தளத்தின் மீதுள்ள வேதிப் பொருள் மாற்றம் அடைகிறது. இம்மாற்றம் கண்ணுக்குத் தெரியாது. அதாவது வேதிப் பொருளில் ஓர் உள்ளுறை உருத்தோற்றத்தை உண்டாக்குகிறது. இச்சுருள் ஓர் இருட்டறையில் தோற்றுவிப்பான் அல்லது உருத்துலக்கி (developer) எனப்படும் வேதிக் கலவை நீர்மத்துடன் செயல்பட்டுக் கண்ணுக்குத் தெரியக்கூடியவாறு ஓர் உருவத்தை உண்டாக்குகிறது.

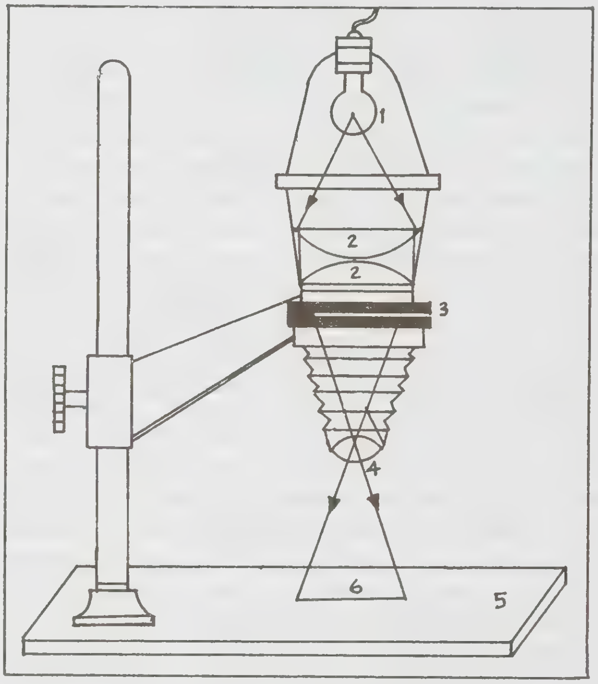
ஒளிப்படச்சுருள் மீது பூசப்பட்ட வேதிப்பொருள் பொதுவாக, வெள்ளி ஹாலைடு புரோமைடு, ஐயோ டைடு உப்பாகும். ஒளியால் பாதிக்கப்பட்டுப் பின்னர் தோற்றுவிப்பானுடன் செயல்படும்போது இந்த உப்பு, கருமையான வெள்ளியாக மாறுகிறது. ஆகவேதான், உருத்துலக்கப்பட்ட உருத்தோற்றத்தில் பொலிவான பகுதிகள் கருமையாகவும், பொலிவு குன்றிய பகுதிகள் அவ்வாறு இல்லாமலும் தோன்று கின்றன. இத்தோற்றம் நிலையானது அன்று, ஏனெனில், ஒளிபடாத இடங்களில் உள்ள வேதிப் பொருள்கள் முன்பிருந்தவாறே இருக்கும். இப் படத்தை இருட்டறையை விட்டு வெளியே கொண்டு வந்தால் அனைத்து இடங்களிலும் ஒளிபட்டு முற்றிலும் கருமையாகிவிடும். எனவே, உருத்துலக்கல் முடிந்ததும் படம், ஹைப்போ நீர்மத்தில் சிறிது நேரம் வைக்கப்படுகிறது. ஹைப்போ நீர்மம், ஒளியால் செயல்படாத இடங்களிலுள்ள வேதிப் பொருள்களை நீக்கிவிடுகிறது. இதனால், தோற்று விக்கப்பட்ட படம் நிலையாக இருக்கும். இப்படம்

நீரில் நன்கு கழுவப்பட்டபின் உலர வைக்கப்படுகிறது. இப்படத்தில் வெண்மையான பகுதி கறுப்பாகவும், கறுப்பான பகுதி வெண்மையாகவும் தோன்றுவதால் இது எதிர்ப்படம் (negative) எனப்படுகிறது. இதைக் கொண்டு உண்மையான உருவத்தைத் தரக் கூடிய நேர் (positive) படங்களைத் தேவையான எண்ணிக்கையில் தயாரித்துக் கொள்ளலாம். இந்த எதிர்ப்படத்தில் வெவ்வேறு இடங்கள் வெவ்வேறு அளவில் ஒளிபுகும் தன்மையுடையவாக இருக்கும்.

ஒளியுணர் தன்மை கொண்ட வேதிப் பொருள் பூசப்பட்ட ஒரு வெள்ளை அச்சுத்தாளின் மீது இந்த எதிர்ப்படம் வைக்கப்பட்டுத் தேவையான நேரத் திற்குச் சீரான ஒளி பாய்ச்சப்படுகிறது. இதனால், எதிர்ப்படத்தின் பல்வேறு பகுதிகளில் ஒளிபுகும் அளவிற்கு ஏற்றவாறு ஒளி சென்று அச்சுத்தாளின் மீதுள்ள வேதியல் பொருள்களில் மாற்றம் செய்கிறது. எனவேஎதிர்ப்படத்திலுள்ள உருவத்திற்கு ஏற்றவாறு ஓர் உள்ளுறை உருத்தோற்றம் தோன்றுகிறது. இதுவும் கண்ணுக்குத் தெரியாது. இருட்டறையில் ஒரு தோற்றுவிப்பான் நீர்மத்தில் இத்தாள் மூழ்க வைத்துச் செயல்படுத்தப்படுகிறது. முன்புபோலவே ஒளித்தாக்கம் மிகுந்த இடங்களில் உள்ள வேதிப் பொருள் ·தோற்றுவிப்பானுடன் செயல்பட்டுக் கருமையாகிறது. குறைவான ஒளியால் தாக்கமுற்ற இடங்கள் குறைந்த கருமையடைகின்றன. முற்றிலும கறுப்பாக உள்ள இடங்களில் ஒளி செல்லாததால் அந்த இடங்கள் தாக்கமுறாமல் வெண்மையாகவே இருக்கும்.

தாளின் மீது தோன்றிய படத்தில் பல இடங் களில் வேதிப் பொருள்கள் இன்னும் செயல்படாமல் இருப்பதால், இதை இருட்டறையைவிட்டு நல்ல ஒளியுள்ள இடத்திற்குக் கொண்டு வந்தால் தாள் முழுதும் கருமையாகி உருத்தோற்றம் மறைந்துவிடும். எனவே, உருத்தோற்றத்தை நிறுத்த முன்போலவே, ஹைப்போ நீர்மத்தில் சிறிது நேரம் இருக்கச் செய்ய வேண்டும். இதனால் தோற்றுவிப்பானால் செயல் படாத வேதிப் பொருள்கள் தாளினின்றும் நீக்கப் பட்டுவிடும். எனவே, அச்சுத்தாளின் மீது உண்டான உருவம் மாறாமல் உள்ளவாறே நிலைநிறுத்தப்படு கிறது. இதனாலேயே ஹைப்போ நிலைநிறுத்தி (fixer) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. ஓடும் நீரில் நன்கு கழுவி தாளின் மீது படிந்த தேவையற்ற வேதிப் பொருள்கள் நீக்கப்பட்டு உலர்த்தப்படும். தேவை யிருந்தால், தாளின் மேற்பரப்பும் பளப்பளப்பாக்கப் படுகிறது. இப்போது, தாளில் தோன்றும் உருவம் உண்மையான பொருளின் உருவத்தை ஒத்திருக்கும்.

எதிர்ப் படத்திலுள்ள உருத்தோற்ற அளைவை விடப் பல மடங்கு பெரிய நேர் தோற்றத்தை உருப் பெருக்கி (enlarger) என்னும் கருவியைக் கொண்டு தயாரிக்கலாம். உருப்பெருக்கிக் கருவியுள் (படம்-1) சீரான ஒளியைத் தரக்கூடிய ஒரு மின்விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் வெள்ளை ஒளி சரியான தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள வில்லையிணைப்பின் வழியே சென்று இணைக்கற்றை ஒளியை உண்டாக்குகிறது. அவ்வொளி, அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள எதிர்ப் படத்தின் மீது விழுந்து அதைப் பொலிவாக்குதிறது. பொலிவூட்டப்பட்ட இப்படத்தின் பெரிய உண்மை



படம் 1. உருப்பெருக்கி

1. மின்விளக்கு 2. இணையாக்கி வில்லைகள் 3. எதிர்ப் படம் தாங்கி 4. உருப்பெருக்கி வில்லை 5. அடிப்பலகை 6. உருப்பெருக்கம் பெற்ற பிம்பம்

உருத்தோற்றம் ஒரு குவிவில்லையால் தோற்றுவிக்கப் படுகிறது. வில்லையை மேலும் கீழும் நகர்த்தி இத் தோற்றம் தெளிவாக இருக்குமாறு செய்து கொள்ள வேண்டும். இவ்வுருத்தோற்றம் ஒரு பெரிய அச்சுத் தாளின் மீது விழும்படிச்செய்யப்பட்டு முன்பு கூறிய படியே பதிவு செய்யப்படுகிறது. இம் முறையில் தேவையான அளவிற்கு நேர்படங்களைப் பெரிய அளவில் தயார் செய்யலாம்.

எதிர்ப் படத்திலிருந்து நேர் படம் தயாரிக்கப் பயன்படும் அச்சுத்தாள்களில் பலவகை உண்டு. பொதுவாக, வெள்ளைத் தாளின் மீது பேரியம் சல்ஃபேட் கரைத்த கூழ்க்கரைசல் சீராகப் பூசப் பட்டிருக்கும். தாளுக்கு, இப்பூச்சு ஒரு சிறப்பான வெண்மை அடித்தளத்தை அளிக்கிறது. இதன்மீது ஒளியுணர் தன்மை கொண்ட வெள்ளி உப்புக் கூழ்க் கரைசல் மெல்லேடாகப் பூசப்பட்டிருக்கும். இப்பூச்சு

கேடுறாமல் இருக்க இதன் மீது மெல்லிய கூழ்க்கரைசல் பூச்சும் தரப்படுகிறது. தாளின் மீது பூசப்படும் வெள்ளி உப்பு, வெள்ளிபுரோமைடு அல்லது வெள்ளி குளோரைடு ஆக இருப்பதுண்டு. இவ்வுப்பின் பெயராலேயே இவை புரோமைடுதாள் அல்லது குளோரைடுதாள் எனப்படுகின்றன.

அச்சுத்தாளின் மீது தேவையான ஒளிவிடுப்புச் செய்யப்படும் அளவைப் பொறுத்து அவை மென்மை (soft) இயல்பு (normal), கடின (hard) வகைத் தாள் என்று தரம் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. நல்ல, பொலிவான ஒளிப்பட அச்சை உண்டாக்க எதிர்ப் படத்தின் ஒளி ஊடுருவும் தன்மையைப் பொறுத்துத் தகுந்த தரமுடைய தாளைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும்

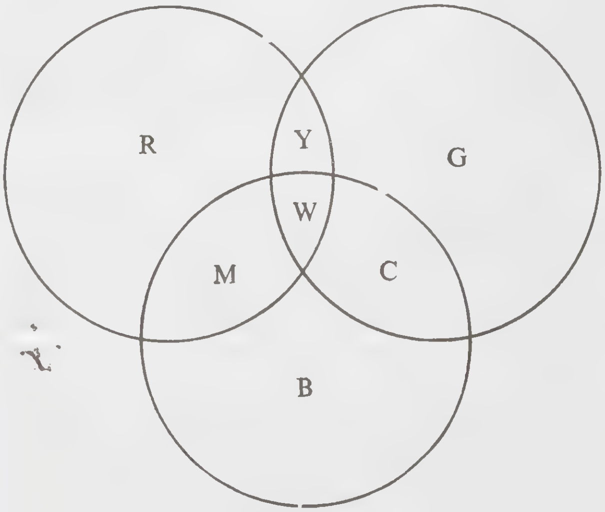
ஒளிவிடுப்புப் பெற்ற படச்சுருளிலிருந்து எதிர்ப் படம் உருத்துலக்கப்படுவதற்கும் அச்சுத்தாளில் நேர் படம் உருத்துலக்கப்படுவதற்கும், பொதுவாக மிட்டால், ஹைட்ரோகுயினோன், சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் சல்ஃபைட், சோடியம் கார்பனேட், பொட்டாசியம் புரோமைடு ஆகிய வேதிப் பொருள்கள் பல்வேறு அளவுகளில் சேர்க்கப்பட்ட கரைசல் பயன்படுகிறது. இக்கரைசலைத் தோற்றுவிப்பான் அல்லது உருத்துலக்கி எனலாம்.

இவற்றுள் மெட்டாலும் ஹைட்ரோகுயினோனும் ஒளியால் தாக்கப்பட்ட பகுதியிலுள்ள வெள்ளி உப்பைக் கருமையான வெள்ளி உலோகமாக மாற்றுவதற்குப் பயன்படுகின்றன. காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜனால் இவ்விரண்டும் கேடுறாமல் காக்கச் சோடியம் சல்ஃபைட் பயன்படுகிறது. இது சேர்க்கப்படுவதால் உருத்துலக்கிக் கரைசலின் செயல்வேகம் குறைக்கப்படும். எனவே, இதை ஈடுசெய்யச் சோடியம் கார்பனேட் சேர்க்கப்படுகிறது. இது உருத்துலக்கலை முடுக்கிவிடுகிறது எனலாம். ஒளி படாத பகுதியிலுள்ள வெள்ளி உப்புகளை உருத்துலக்கிக் கரைசல் ஓரளவு தாக்கிப் படம் முழுதும் ஒரு மெல்லிய கருமையைத் தோற்றுவிக்கும். இதைத் தவிர்க்க, பொட்டாசியம் புரோமைடு ஒரு கட்டுப்படுத்தியைப் போலச் செயலாற்றுகிறது. வேகமாகச் செயற்படும் உருத்துலக்கிக்கும் மிகு கருமையைத் தரும் உருத்துலக்கிக்குமாகப் பல்வேறு தனிப்பட்ட நோக்கங்களுக்கென்று மேற்கூறிய வேதிக் கூட்டுப்பொருள்கள் வெவ்வேறு தகவுகளில் சேர்க்கப்பட்ட உருத்துலக்கிகள் நடைமுறையில் உள்ளன.

ஒரு காட்சியில் தோன்றும் பல்வேறு வண்ணங்கள் அதிலுள்ளவாறே அதன் வண்ணப்படத்தில் இருக்கும். எனவே, ஒரு காட்சியின் இயற்கையான தன்மையையும் அழகையும் அதன் வண்ண ஒளிப் படத்தின் மூலமே முழுதும் உணரமுடியும். இயற்கையாக, ஒளிவிடும் பல மூலங்களிலிருந்து வெளிப் படும் ஒளி, வெண்மையானதேயாகும். இவ்வெண்மை ஒளி அனைத்து வண்ணங்களும் கலந்த ஒரு கூட்டு ஒளி ஆகும். இவ்வொளி பொருளின் மீது விழும்போது அப்பொருளின் தன்மைக்கேற்ப, குறிப்பிட்ட ஒரு வண்ணத்தை மட்டும் எதிரொளித்துவிட்டு ஏனையவற்றை உட்கவர்ந்து கொள்கிறது. இம்முறையில் வெண்மை ஒளியைப் பெற்ற இலைகளும் பூக்களும் நிலமும் நீரும் வயலும் வானும் ஏனைய பொருள்களும் பல வண்ணங்களில் காட்சியளிக்கின்றன.

மரத்தில் இலைகளின் மீது வெண்மை ஒளி விழும்போது அது ஏனைய வண்ணங்களை உட்கவர்ந்துவிட்டுப் பச்சை வண்ணத்தை மட்டும் எதிரொளிக்கிறது. ஆகவேதான், அது பச்சை வண்ணமாகத் தோன்றுகிறது. இவ்விலைகளின் மீது வெண்மை ஒளிக்குப் பதில் சிவப்பு ஒளி விழுந்தால் அப்போது அவை கருமையாகத்தான் தோன்றும். இதேபோல் இரத்தத்தின் மீது வெண்மை ஒளி விழும்போது அது சிவப்பை மட்டும் எதிரொளித்துச் சிவப்பாகக் காட்சியளிக்கிறது. இரத்தத்தின் மீது மஞ்சள் அல்லது பச்சை போன்ற பிற ஒளி விழும்போது அது கறுப்பாகத்தான் தோன்றும். ஆகவே, பல வண்ண ஒளிகளையும் உள்ளடக்கிய வெண்மை ஒளி விழுவதால் பொருள்கள் பல வண்ணங்களில் காட்சியளிக்கின்றன

கண்கள் காணும் பற்பல வண்ணங்கள், மூன்று அடிப்படை வண்ணங்களின் கூட்டு எனலாம். சிவப்பு,



படம் 2. வண்ணக் கூட்டுமுறை

R = சிவப்பு, G = பச்சை, B = நீலம்; M = மெஜந்தா; C = சயான் Y = மஞ்சள் W = வெள்ளை.

பச்சை, நீலம் ஆகிய இவையே அம்மூன்று அடிப் படை வண்ணங்களாகும். சிவப்பையும் பச்சையையும் கூட்டினால் மஞ்சள் வண்ணம் கிடைக்கும். பச்சை யையும், நீலத்தையும் கூட்டினால் சயான் (cyan) வண்ணமும், நீலத்தையும் சிவப்பையும் கூட்டினால் மெஜன்ட்டா (megenta) வண்ணமும் கிடைக்கும். மேலும் சிவப்பு, பச்சை நீலம் ஆகிய மூன்றையுமே ஒரு சேரக் கலந்தால் வெள்ளை கிடைக்கும். இக் கூட்டு முறையைப் படம்-2 விளக்குகிறது.

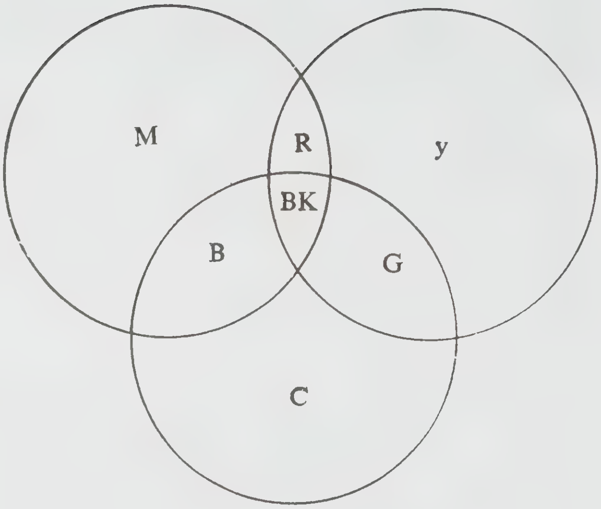
இக் கூட்டு வண்ண முறையில் (colour additive method) வண்ண ஒளிப்பட முறையை விளக்கலாம். ஒரு காட்சியிலுள்ள சிவப்புப் பகுதிகளை மட்டும் பதிவு செய்து ஒரு சிவப்பு ஒளிப்படம் எடுப்பதாகவும் இதேபோல் பச்சை வண்ணத்தைத் தனியாகவும் நீல வண்ணத்தைத் தனியாகவும் ஒளிப்படம் எடுப்பதா கவும் கருதி அவை மூன்றையும் ஒருசேர ஒரு திரை யில் குவித்தால் காட்சியிலுள்ள அனைத்து வண்ணங் களும் இயற்கையிலுள்ளவாறே தோன்றும்.

இம்முறையில், ஓர் ஒளிப்படச் சுருளின் மீது மேற் கூறிய மூன்று வண்ணங்களின் உணர்திறன் கொண்ட வேதிக் கூட்டுப்பொருள்கள் (மெல்லிய முன்று வெவ் வேறு அடுக்காக) பூசப்பட்டு ஒரு காட்சி படமெடுக்கப் படுகிறது. மூன்று அடுக்கிலுள்ள வெவ்வேறு வேதிப் பொருள்கள் அந்தந்த வண்ண ஒளிக்கேற்பப் பதிவை உண்டாக்கும். கறுப்பு-வெள்ளைப் படச்சுருளை ஒரே முறையில் உருத்துலக்கியது போலல்லாமல் வண்ணப் படச்சுருள், மூன்று அடிப்படை வண்ணத்திற்காக மூன்று முறை தனித்தனியாக மூன்று வெவ்வேறு உருத்துலக்கிக் கரைசல்களில் உருத்துலக்கப்படு கிறது. இப்போது மூன்று வண்ணங்களின் கூட்டாக அமைந்த அனைத்து வண்ணங்களும் உண்மையில் உள்ளவாறே தோன்றும்.

இக்கூட்டுமுறை தவிர, நீக்கல் முறையிலும் (sub stractive method) வண்ண ஒளிப்படம் தயாரிக்கப்படு கிறது. இது வெள்ளை ஒளியிலிருந்து வடிப்பான் மூலம் சயான், மெஜன்ட்டா, மஞ்சள் ஒளிகளை உண்டாக்கும். பின்னர் அவற்றைப் படம்-3 இல் காட்டியுள்ளவாறு சேர்க்க வேண்டும்.

மெஜன்ட்டாவும் (வெள்ளை-பச்சை) மஞ்சளும் (வெள்ளை - நீலம்) இணையச் சிவப்பு உண்டாகிறது. இதேபோல் மஞ்சளும் சயானும் சேரப் பச்சையும், சயானும் மெஜன்ட்டாவும் சேர நீலமும் உண்டாகும். மெஜன்ட்டா, மஞ்சள், சயான் ஆகிய மூன்றும் சேர்ந்தால் கருமையாகி விடும். நீக்கல்முறை தற்கால வண்ண ஒளிப்படவியலில் பெரும்பான்மையாகப் பின் பற்றப்படுகிறது.

கறுப்பு-வெள்ளை ஒளிப்பட முறையில் செய்தது போலவே இங்கும் வண்ண எதிர்ப்படத்தைத் தயா



படம் 3.

M=மெஜன்ட்டா, y=மஞ்சள், C=சயான்
R=சிவப்பு, G=பச்சை, B=நீலம் Bk= கறுப்பு

ரித்து அதைக் கொண்டு வெள்ளை அச்சுத்தாளின் மீது எவ்வளவு வண்ண நேர்படங்கள் வேண்டு மானாலும் (எந்த அளவிலும்) தயாரித்துக் கொள்ள லாம். இருட்டறையில் மனிதன் பல மணிநேரம் செல விட்டுத் தயாரித்து வந்த இப் படங்கள் தற்காலத்தில் கணிப்பொறிகளின் உதவியால் சில நிமிடங்களிலேயே தயாரிக்கப்படுகின்றன.

ஒளியின் அலை நீளம் மிகுதியாக உள்ளபோது காற்றிலுள்ள தூசுகளாலும் வளிம மூலக்கூறுகளாலும் சிதறடிக்கப்படும் ஒளியின் அளவு குறைவாக இருக்கும். கட்புலன் ஒளி நிறமாலையிலுள்ள ஊதா வண் ணத்தை விடச் சிவப்பு வண்ணத்தின் அலை நீளம் மிகுதியானதால் ஊதாவைவிடச் சிவப்பு சிதறடிக்கப் படுவது குறைவாகும். சிவப்புக்கு அப்பாலுள்ள அகச் சிவப்புக் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் மேலும் மிகுதி யாகும். அதைக் கொண்டு ஒளிப்படம் தயாரிக்கப்படு கையில் சிதறல் குறைந்து நன்கு தெளிவான ஒளிப் படம் கிடைக்கும். தூசு அல்லது பனிப்படலம் நிறைந்த காட்சி தெளிவாகத் தெரியாத நேரங்களில் இந்த அகச்சிவப்பு ஒளிப்பட முறை நன்கு பயன்படும்.

மின் காந்த நிறமாலையில் அகச்சிவப்பு (IR), கட்புலன் ஒளி (visible) புற ஊதா (UV) கதிர்வீச்சு,

எக்ஸ் (X) கதிர்கள் காமா (γ) கதிர்கள் போன்றவை ஒளிப்படப் பதிவை உண்டாக்க வல்லவை. இப்பண்பைக் கொண்டு அறிவியல் ஆய்வுகளில் மேற்கூறிய கதிர்வீச்சுகளைக் (கண்ணுக்குப் புலனாகாதவையானாலும்) கண்டுபிடிக்க ஒளிப்படமுறை சிறப்பாகப் பயன்படுகிறது. மின்னூட்டம் பெற்ற எலெக்ட்ரான், புரோட்டான், பாசிட்ரான் போன்ற துகள்கள் ஒளிப்படப் பதிவைத் தோற்றுவிக்கவல்லவை. எனவே, அவற்றின் போக்கையும் அவை உண்டாக்கும் விளைவையும் பதிவு செய்ய ஒளிப்படமுறை பெரிதும் பயன்படுகிறது. முகிலறை (cloud chamber) போன்ற கருவிகளிலும், வானில் காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வுகளுக்கு மிகு உயரத்தில் பறக்கவிடப்படும் பலூன்களிலும் ஒளிப்படப் பதிவு முறை பயன்படுகிறது.

இயற்பியல், உயிரியல், வானியல் போன்ற துறைகளில் அறிவியல் ஆய்வுகளுக்கு ஒளிப்படவியல் சிறந்த கருவியாகச் செயலாற்றுகிறது. குறிப்பாக, இயற்பியலில் தனிமங்கள் மற்றும் வேதிப் பொருள்கள் வெளிவிடும் நிறமாலைகள் ஒளிப்படமுறையில் பதிவு செய்யப்பட்டு, ஓய்வான ஆய்வுகளுக்கும் நீண்ட நாள் பாதுகாப்பிற்கும் வைக்கப்படுகின்றன. வானியலில், பெரிய தொலைநோக்கியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒளிப்படப் பெட்டிகளால் பால்வெளி மண்டலம், கோள்கள், வால்விண்மீன்கள் போன்றவை படமெடுக்கப்பட்டு ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன. உயிரியலில் கண்ணுக்குத் தெரியாத சிறிய உயிரினங்கள், அவற்றின் பகுதிகள், தாவரங்களின் பகுதிகள் போன்றவை நுண்ணோக்கியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒளிப்படப் பெட்டி மூலம் படம் பிடிக்கப்பட்டு ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன.

வானிலை ஆய்வுகளுக்கு விண்கூடுகளிலிருந்தும் ஏவுகணைகளிலிருந்தும் நெடுந்தொலைவு ஒளிப்படங்கள் எடுக்கப்படுகின்றன. மருத்துவத் துறையில் உடலில் முறிந்துள்ள எலும்பின் பகுதிகள், நாணயம் போன்ற உலோகப் பகுதிகள் உடலில் சென்றுள்ள இடங்கள், குடல்புண் உள்ள இடங்கள் ஆகியவற்றை அறியவும் எக்ஸ்கதிர் ஒளிப்படமுறை பயன்படுகிறது. தீயில் வெந்துவிட்ட ஆவணங்களிலுள்ள எழுத்துகளைப்படிக்க அகச்சிவப்பு, புற ஊதா ஒளிப்படமுறை பயன்படுகிறது. இம்முறையில், ஆவணங்களில் அடித்துத்திருத்தப்பட்ட எழுத்துகளையும் கைரேகைப் பதிவுகளையும்கூடக் கண்டறியலாம்.

ஒளிப்பட முறையாலேயே திரைப்படத் தொழில் தோன்றியது. ஒளிப் படவியலில் வண்ணத் திருப்பல் ஒளிப்படம் (colour reversal photograph) தயாரிக்கப்படுகிறது. இதில், அச்சுத்தாளுக்குப் பதில் ஒளி ஊடுருவத்தக்க செல்லுலாய்டு (celluloid) போன்ற மெல்லிய படச் சுருள்களிலேயே நேர்உருத்தோற்றத்தைப் பெறலாம். இப் படங்கள், பொலிவுமிக்க விளக்குகளின் உதவியால் பெரிய உருத்தோற்றத்தைத் திரையில் விழச்செய்யப் பயன்படுகின்றன. இதைக் கறுப்பு வெள்ளை ஒளிப்பட முறையிலும் செய்யலாம். இம்முறையில் நிலைப்படங்களும் இயங்கும் திரைப் படங்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தற்காலத்தில் முப்பரிமாணப் படங்களும் (3D) தயாரிக்கப்படுகின்றன. படிப்பகங்களில், பெரும் நூல்களிலுள்ள செய்திகளையும் படங்களையும்நுண் படச்சுருள்களில் (micro film) பதிவு செய்து சிறு இடங்களில் அடக்கமாக வைத்துக் கொள்ளலாம். பின்னர் தேவையான அளவிற்குத் திரையில் பெரிதாக்கிக் காணலாம்.

- ஆ. பொன்னுசாமி

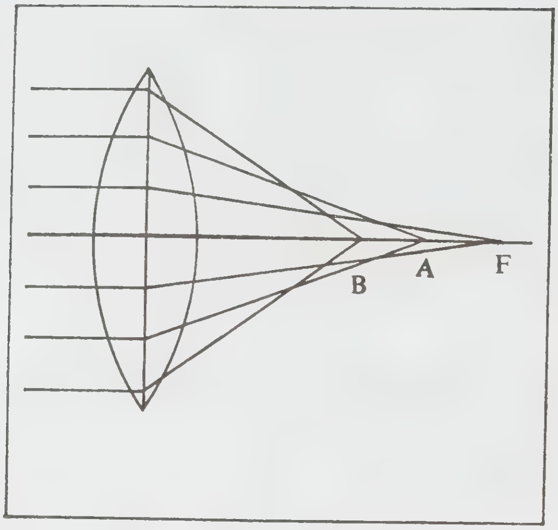
ஒளிப்பாயம்

ஒளி அளவியலில் கட்புலன் ஒளி மட்டுமே கருத்தில் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு நொடியில் பாயும் ஒளியின் அளவு ஒளிப்பாயம் (luminous flux) எனப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பின் வழியாக ஒரு நொடியில் பாயும் ஒளியாற்றலின் அளவு அப்பரப்பின் ஊடே செல்லும் ஒளிப்பாயம் எனப்படும். ஓர் ஒளித்தோற்றுவாய் அனைத்துத் திசைகளிலும், ஒரு நொடியில் கதிர் வீசும் மொத்த ஆற்றல், அத்தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் மொத்த ஒளிப்பாயம் ஆகும். ஒளிப்பாயத்தின் அலகு லூமன். இது ஒரு மெழுகுத் திறன் (candle power) செறிவுள்ள, ஒரு சீரான புள்ளித் தோற்றுவாய் ஓரலகுத் திண்மக் கோணத்தில் வெளியிடும் ஒளிப்பாயத்திற்குச் சமம். ஒரு வத்தித் திறனுள்ள ஒரு சீரான புள்ளித் தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் மொத்த ஒளிப்பாயம் 4π என்னும் திண்மக் கோணத்தில் நிரம்புவதால், அதன் மொத்த ஒளிப் பாயம் 4π லூமன் ஆகும்.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஒளிப் பிறழ்ச்சி (இயற்பியல்)

ஒளியியலில், பொருளுக்கும் வில்லைக்கும் (lens) இடையிலுள்ள தொலைவு, வில்லையினின்று உருத் தோற்றத்திற்குள்ள தொலைவு, குவியத்தொலைவு, வளைவு ஆரம் ஆகியவற்றிற்குள்ள தொடர்பைத் தரும் பல எளிய சமன்பாடுகள் உள்ளன. பொருளினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள் யாவும் வில்லை அச்சுடன் சிறு கோணங்களையே உருவாக்குகின்றன என்று கருதிச் சமன்பாடுகள் தரப்பட்டுள்ளன. பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களில் வில்லை அச்சுக்கு அண்மையில் வாராமல் சேய்மையில் வரும் கதிர்களும் உண்டு. இவை ஒளி விலகலுக்குப் பின் ஒரு புள்ளியில்

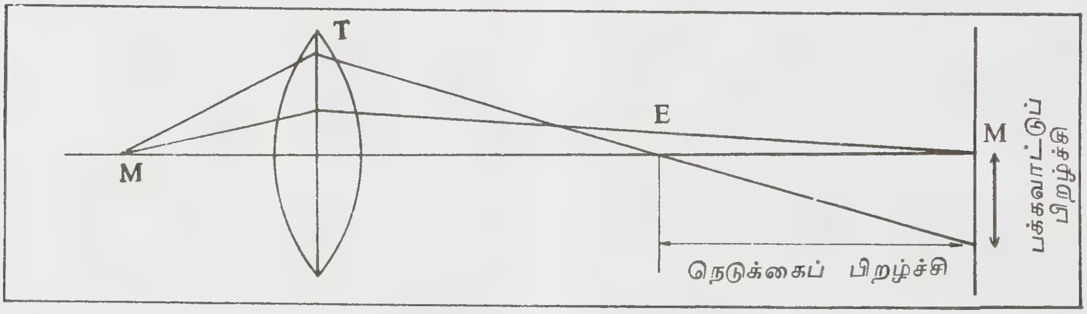


படம் 1.

கோளப் பிறழ்ச்சி. வில்லையில் இணை ஒளிக் கதிர்கள் பல்வேறு இடங்களில் விழுவதால் உருத்தோற்றம் மங்கலாகத் தெரிகிறது. கோள மேற்பரப்பில் ஒளி விலகல் ஏற்பட்டு இப்பிறழ்ச்சி உருவாகிறது.

அச்சுக்கு அண்மையில் செல்லும் இணைக் கதிர்கள் F என்னும் குவியப் புள்ளியை உருவாக்குகின்றன. அச்சுக்கு அப்பாலுள்ள பகுதி வழிச்செல்லும் கதிர்கள் A, Bஎன்னும் குவியப் புள்ளிகளை உருவாக்குகின்றன. வில்லைவிட்டம்மிகுந்துள்ள பகுதிகள் வழிச் செல்லும் கதிர்கள் வில்லையின் அருகில் குவிகின்றன. குறைவான விட்டங் கொண்ட பகுதி வழிச் செல்பவை, வில்லைக்கு அப்பால் குவிகின்றன.

கோளப் பிறழ்ச்சி நெடுக்கைக் கோளப் பிறழ்ச்சி, பக்கவாட்டுக் கோளப் பிறழ்ச்சி என இருவகைப்படும்

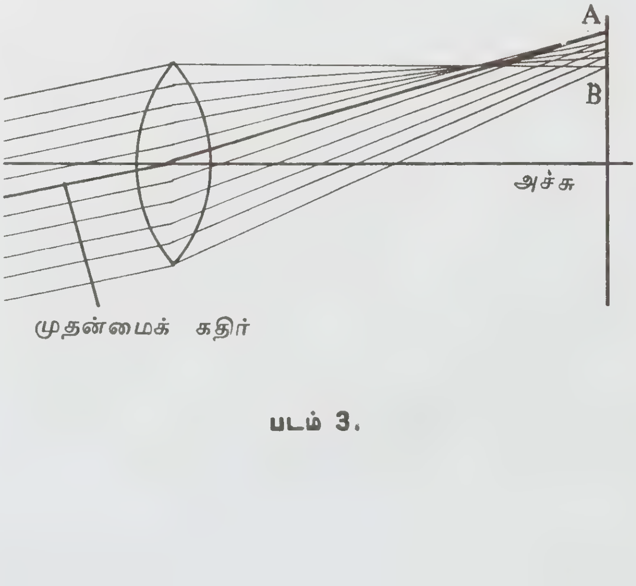


படம் 2.

சேர்வதில்லை. இத்தகையை கதிர்கள் உருவாக்கும் உருத்தோற்றங்கள் கூராக அமையா. மேலும்வில்லையின் குவியத் தொலைவு ஒளி விலகல் எண்ணைப் பொறுத்து (μ) மாறுபடும். எனவே பொருளினின்று ஒளிவிலகல் எண் ஒளியின் அலைவு எண்ணைச்சார்ந்து வரும் ஒளி ஒற்றை நிறக் கதிராயிராமல் பன்னிறங்களைக் கொண்டதாயின் பல நிற உருத்தோற்றங்கள் உருவாகும்.

ஒளியியல் கோட்பாட்டின்படி உருவாக்கப்படும். உருத்தோற்றம், வடிவிலோ நிறத்திலோ பொருளிலிருந்து மாறுபட்டால் அதை ஒளிப் பிறழ்ச்சி (chromatic aberration) எனலாம். பன்னிற ஒளிக்கலவையால் உருவாகும் பிறழ்ச்சி, நிறப் பிறழ்ச்சி எனப்படுகிறது. கோளப்பிறழ்ச்சி(spherical aberration), கோமா ஆஸ்டிக் மாட்டிசா போன்றவை ஏனைய பிறழ்ச்சிகளாகும். ஒளிப் பிறழ்ச்சி, வில்லையின் தவறான வடிவமைப்பால் உருவாவதன்று; கோள மேற்பரப்புகளில் ஒளி விலகலின் விதியை ஒளி குறைவாக நிறைவு செயவதால் இவை உருவாகின்றன.

ஓரத்துக் கதிர்கள் பெருங்கோணத்தில் திசை மாற்றம் அடைகின்றன. இத்திசைமாற்றக்கோணம் குறைக்கப்பட்டால் உருத்தோற்றத்தின் கூர்மை மிகும். இதற்கேற்ப வில்லையின் வடிவமைப்பு மாற்றியமைக்கப் படவேண்டும். வில்லையைக் கையால்



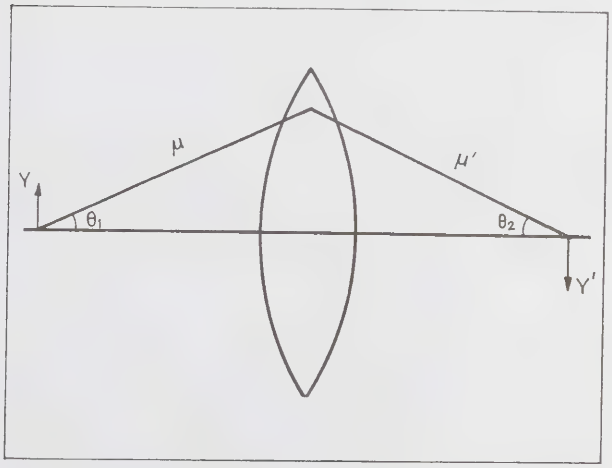
படம் 3.

தேய்த்துச் சீராக்கிப் பல பகுதி வளைவுகளைக் (curvature) கொண்டதாகச் செய்ய வேண்டும். இது மிகக் கடினமான பணியாகும். எனவே தகுந்த வளைவு ஆரங்களைக் கொண்ட எளிய கோள மேற்பரப்புகளைக் கையாண்டு, வில்லையை வடிவமைத்துக் கோளப் பிறழ்ச்சியை அகற்றுவதே பொது வழக்கமாகும்.

கோமா. வில்லை அச்சுக்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிப் பொருளின் (point object) உருத்தோற்றம் புள்ளியாகத் தெரியாமல் வால் விண்மீன் போன்ற வடிவத்தில் தெரிகிறது. எனவே இப்பிறழ்ச்சி கோமா எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

எல்லையற்ற தொலைவிலுள்ள புள்ளி ஒன்றின் உருத்தோற்றத்தில் காணப்படும் கோமாப் பிறழ்ச்சி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கற்றையில் வில்லையின் மையம் வழியாகச் செல்லும் இரு கதிர்கள் A இல் கூடுகின்றன. வில்லை விளிம்பு வழிச் செல்லும் கதிர்கள் B இல் கூடுகின்றன. எனவே வில்லையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறு உருப்பெருக்கம் உருவாவது புலப்படுகிறது. ஓரத்து ஒளிக்கதிர்கள் மையக் கதிர்களைவிட மிகு உருப்பெருக்கத்தை அளித்தால் அது நேர் மறைக் கோமா என்றும், மையக் கதிர்கள் ஓரக் கதிர்களைவிட மிகு உருப்பெருக்கம் அளித்தால் அது எதிர்மறைக் கோமா என்றும் குறிப்பிடப்படும். படத்தில் எதிர்மறைக் கோமா காட்டப்பட்டுள்ளது. வில்லையின் ஒரு பகுதியிலுள்ள குத்தெதிர் புள்ளிகளினின்று இணைக் கதிர்கள் ஒரு புள்ளியில் குவியும். அவ்வண்ணமே பல பகுதிகளிலிருந்து கதிர்கள் புள்ளிகளை உருவாக்கிக் கோமா வட்டம் உருவாகிறது.

ஒளியியல் அமைப்பு, கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டுக்கு உட்பட்டால் கோமாவைத் தவிர்க்க முடியும்.

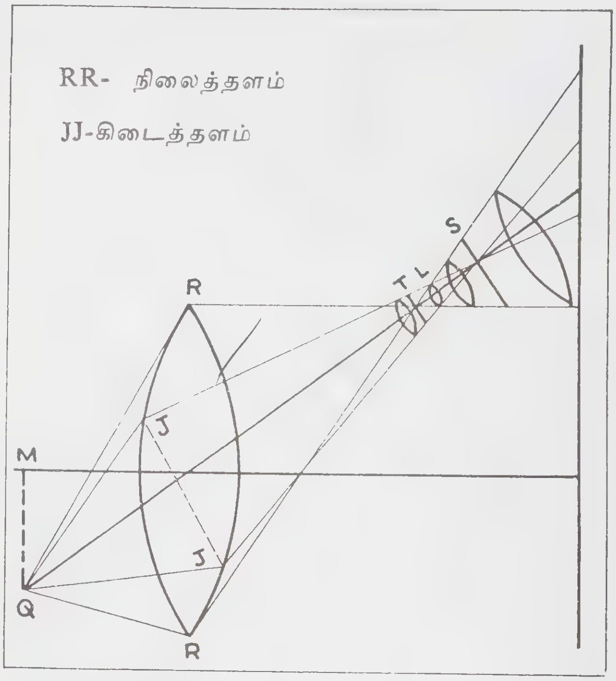


படம் 4.

$$\frac{\text{சைன் } \theta_1}{\text{சைன் } \theta_2} = \text{மாறிலி} = \frac{\mu^1 y^1}{\mu y}$$

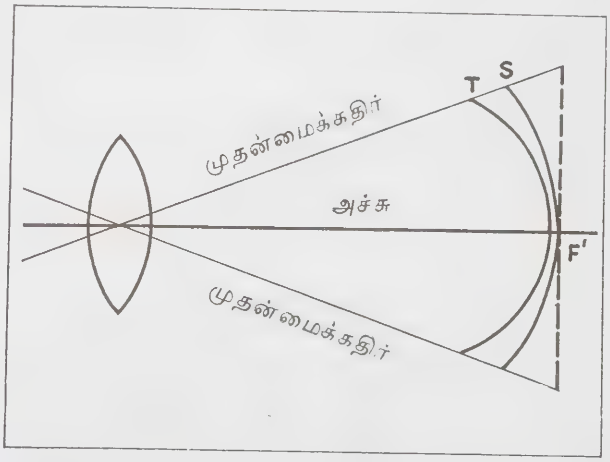
μ = பொருளிருக்கும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்.

μ^1 = உருத்தோற்றம் விழும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்.

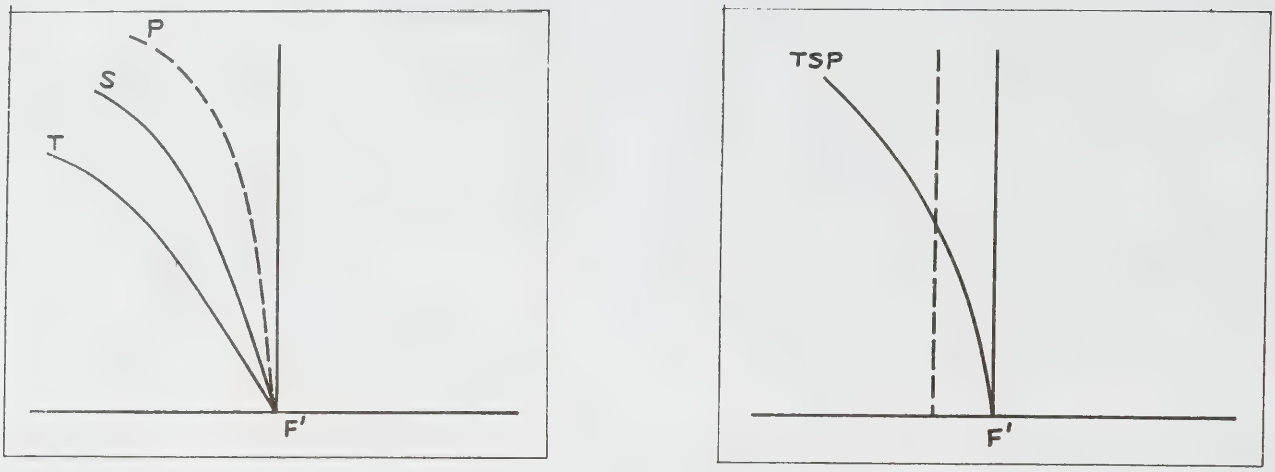


படம் 5.

பொருளினின்று வரும் கதிர் வில்லை அச்சுடன் உருவாக்கும் கோணத்தின் சைன் மதிப்புக்கும்,



படம் 6.



அ. படம் 7. ஆ.

உருத்தோற்றக் கதிர் அச்சுடன் உருவாக்கும் கோணத்தில் சைன் மதிப்புக்கும் உள்ள விகிதம் வில்லையின் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் சமமாக இருத்தல் வேண்டும்.

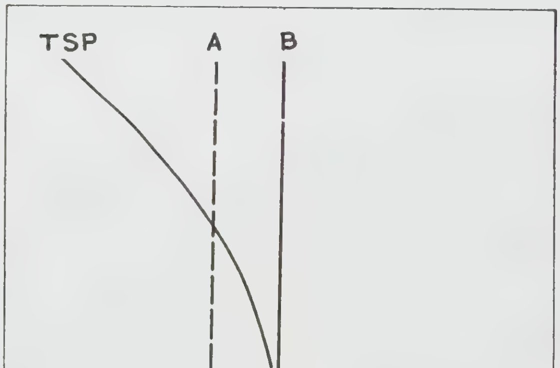
ஆஸ்டிக் மாட்டிசா. புள்ளிப் பொருள் வில்லை அச்சினின்று அப்பால் இருப்பின் உருத்தோற்றம் மங்கலாகத் தெரிகிறது. இப்பிறழ்ச்சி ஆஸ்டிக் மாட்டிசா எனப்படும்.

Q புள்ளிப் பொருள் எனக் கொள்ளலாம். வில்லையை ஊடுருவி வரும் கதிர்கள் நிலைத்தளம், கிடைத்தளம் வழியாக வரும். நிலைத்தளத்தினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள் T என்னுமிடத்தில் குவியக் கோட்டை உருவாக்குகின்றன. கிடைத்தளத்தினின்று வரும் கதிர்கள் S இல் குவியக் கோட்டை உருவாக்குகின்றன. இவ்விரு கோடுகளுக்கிடையில் L என்னுமிடத்தில் வட்டத் தட்டு வடிவில் உருத்தோற்றம் கிடைக்கிறது. இதற்குச் சிறுமக் குழப்ப வட்டம் என்று பெயர்.

வில்லையினின்று மிகத் தொலைவில் பொருளை வைத்து அகல ஒளிப் புலத்திற்கு T உருத்தோற்றமும் S உருத்தோற்றமும் கண்டுபிடித்தால் அவற்றின் பாதைகள் (loci) பர வளையப் பரப்புகளை உருவாக்கும். இவை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒளிக்கற்றைக்கு, ஆஸ்டிக் மாட்டிசா அளவு பர வளையப் பரப்புகளுக்கு இடையிலான தொலைவாகும். இத்தொலைவு முதன்மைக் கதிர் வழியாக அளக்கப்படுகிறது. பர வளையப் பரப்புகள் வில்லை அச்சில் இணையுமிடத்தில் ஆஸ்டிக்மாட்டிசா சுழியாகும். அப்புள்ளியினின்று அப்பால் செல்லச் செல்ல ஆஸ்டிக் மாட்டிசா அளவு உருத்தோற்ற உயரத்தின் இரண்டாம் மடிக்கு (h^2) நேர் விகிதத்தில் மிகுதியாகிறது. T பரப்பு, S பரப்புக்கு இடப்புறம் அமைந்தால் ஆஸ்டிக் மாட்டிசா நேர்மறையாகும். படம் 6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது நேர் மறை ஆஸ்டிக் மாட்டிசா ஆகும்.

ஒரு நேர்மறை வில்லையும் எதிர்மறை வில்லையும் இணைந்த அமைப்பில் ஆஸ்டிக்மாட்டிசா குறையும். அத்துடன் ஒரு தடையையோ வேறொரு வில்லையையோ பயன்படுத்தி ஆஸ்டிக்மாட்டிசாவின் அளவைக் குறைக்கலாம். வில்லைகளைக் குறிப்பிட்ட தொலைவிலும் தடையைக் குறிப்பிட்ட இடத்திலும் நிலைப்படுத்தினால் ஆஸ்டிக் மாட்டிசா உருத்தோற்ற வளைவுகளை நன்கு குறைக்கலாம். படம் 7-அ ஓர் ஒளியியல் அமைப்பின் T, S பரப்புகளைக் காட்டுகிறது. படம் 7-ஆ இரு பரப்புகளும் P இல் விழுவதைக்



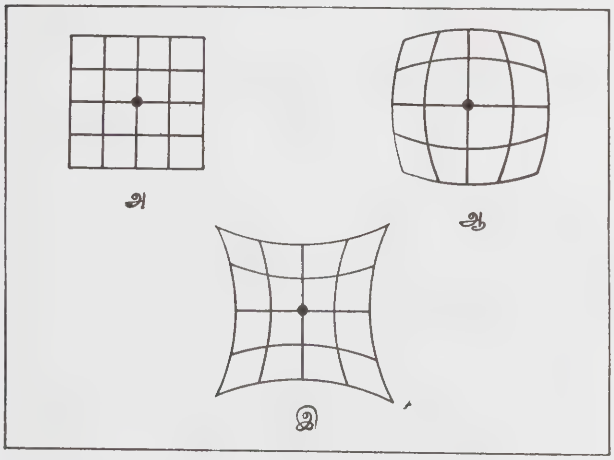
படம் 8

காட்டுகிறது. அதாவது ஆஸ்டிக் மாட்டிசா இல்லா அமைப்பில் T,S பரப்புகள் இணைகின்றன.

பல வளைவு. உருதோற்றம் பர வளையப் பரப்பில் கிடைத்தால் அப்பரப்பு பெட்ஸ்வால் பரப்பு (petzval surface) எனப்படும். குவியத் தளம் வளைந்திருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். சமதளத்திரை B இல் வைக்கப்பட்டால் உருத்தோற்றத்தின் மையம் கூராகவும் ஓரம் மங்கலாகவும் இருக்கும். திரை A இல் வைக்கப்பட்டால் மையமும் ஓரமும் மங்கலாகத் தெரியும். இடைப்பட்ட பகுதி கூராக இருக்கும்.

உருக்குலைவு (distortion). உருத்தோற்றத்தில் உருக்குலைவு இல்லாதிருக்க வேண்டுமாயின் பக்க வாட்டு உருப்பெருக்கம் (lateral magnification) சீராக இருக்க வேண்டும். ஊசித்துளை ஒளிப்படப் பெட்டியில் (pin hole camera) உருக்குலைவு இருப்பதில்லை. பொருள் தளம், உருத்தோற்றத் தளம் இவற்றிலுள்ள புள்ளிகளை ஒன்றுக்கொன்று இணைக்கும் நேர்கோடுகள் ஊசித்துளை வழியாகச் செல்கின்றன.

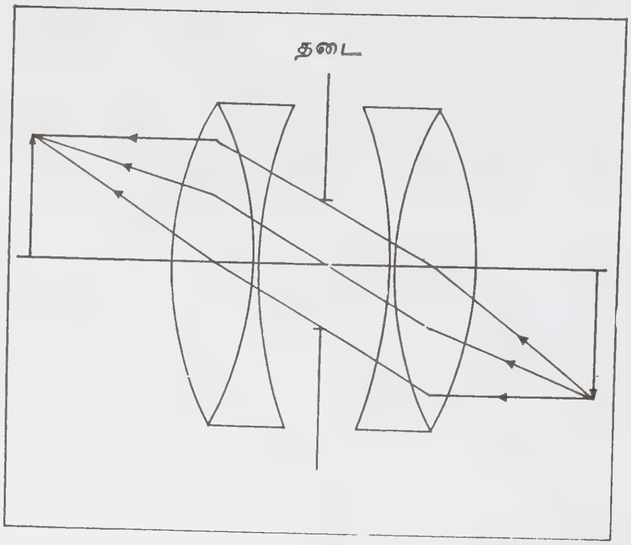
சாதாரண வில்லைகள் உருவாக்கும் உருக்குலைவுகள் படம் 9இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 9

அ. குலைவற்ற உருத்தோற்றம் ஆ. பீபாய் குலைவு உருத்தோற்றம் மையக் கதிர்கள் மிகு உருப்பெருக்கத்தையும் ஓரக்கதிர்கள் குறை உருப்பெருக்கத்தையும் தருவதால் இது உருவாகிறது. இ. ஊசித் திண்டு குலைவு உருத்தோற்றம். ஓரத்துக் கதிர்கள் மையக் கதிர்களைவிட மிகு உருப்பெருக்கத்தைத் தருவதால் இது உருவாகிறது.

மெல்லிய வில்லை ஒன்றின் முன்னால் அல்லது பின்னால் தடை வைக்கப்படின் குலைவு ஏற்படும். தடையை வில்லையோடு பொருத்தினால் குலைவைத் தவிர்க்கலாம். இரு வேறுபாடற்ற வில்லைகளுக்கிடையில் தடை பொருத்தப்பட்டுக் குலைவு தவிர்க்கப்படுகிறது. படப்பெட்டிகளில் இம்முறை கையாளப்படுகிறது. இவ்வமைப்பில் உருப்பெருக்கத்தின் மதிப்பு ஒன்று.



படம் 10

டையாப் புள்ளிப் பிழை (diapoint error). முனை இணை தளப் புள்ளிப் படம் டையாப் புள்ளி எனப்படும். இவற்றைப் பகுப்பாய்வு செய்வது எளிது. புள்ளிகள் யாவும் ஒன்று சேர்ந்தால் அமைப்பில் பிழை திருத்தம் நன்கு செய்யப்பட்டுள்ளது என்று பொருள். புள்ளிகள் ஒரு நேர்கோட்டில் விழுந்தால் கோளப் பிறழ்ச்சி உள்ளது என்று பொருள். புள்ளிகள் வளைவில் விழுவதிலிருந்து கூடுதல் சமச் சீர்மையற்ற பிழைகள் உள்ளன என்பதை அறியலாம்.

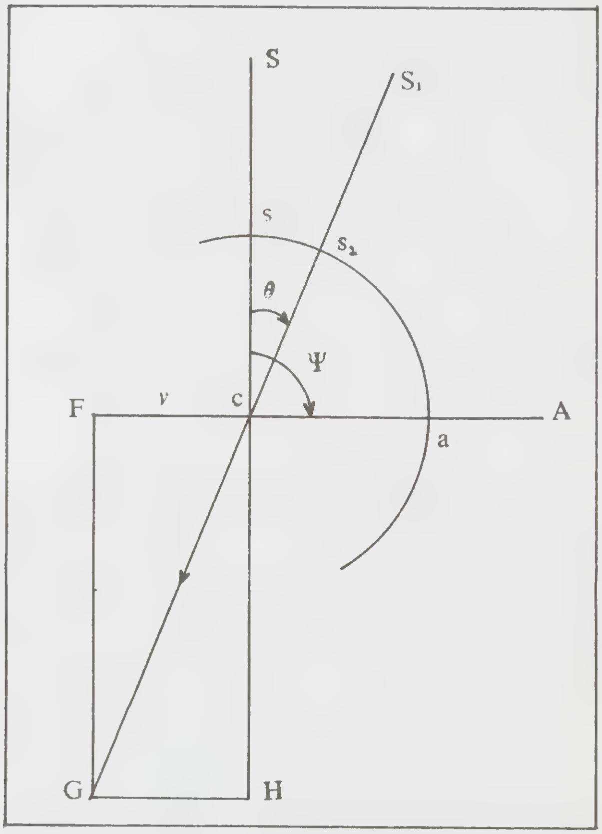
சிறு ஒளிவாயில் கொண்ட அமைப்புக்குக் கிடைதளக் குவியத்தையும் (sagittal focus) முதன்மைக் கதிரையும் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும். கிடைத்தளக் குவியத்தினின்று டையாப் புள்ளிக்குள்ள நெடுவெட்டுத்தொலைவு (longitudinal distance) கோளப் பிறழ்ச்சியின் அளவைக்காட்டும். முதன்மைக் கதிரினின்று டையாப்புள்ளிக்குள்ள தொலைவு கோளப் பிழையின் அளவைக் காட்டும்.

- த. ஜான்பாலஸ்

ஒளிப்பிறழ்ச்சி (கணிதம்)

புவி, விண்வெளியில் சூரியனைச்சுற்றி இயங்கும் போது அதன் பாதையின் வழிமுனை (apex) என்னும் புள்ளியை நோக்கி அதன் திசைவேகம் செயற்படுகிறது. ஒளி நொடிக்கு ஏறக்குறைய 3,00,000 கி. மீ. வேகத்தில் பயணம் செய்தாலும், ஒரு விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளி, அக்கணமே புவியை வந்தடைவதில்லை. ஒளி, புவி இவற்றின்திசைவேகச் சேர்க்கையின்

விளைவால் விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக் கதிரின் திசையில் சிறிது மாற்றம் இருக்கும். இவ்வாறாக ஒளிக்கதிரின் உண்மைத் திசைக்கும் தோற்றத்திசைக்கும் இடைப்பட்ட சிறிய கோண மாற்றம் ஒளிப்பிறழ்ச்சி (aberration) எனப்படும்.



படத்தில் S ஒரு விண்மீனையும், E புவியையும் குறிக்கட்டும். ஒளியின் திசைவேகம் C என்றும், புவி யின் திசைவேகம் v என்றும்; A புவியின் வழிமுனை என்றும் குறிப்பிடலாம். புவியின் திசைவேகமான v அதன் இயக்க வழிமுனை A-ஐ நோக்கிச் செயல் படுகிறது.

விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர், புவி சார்ந்த திசையைக் காண, புவியை ஓய்வு நிலையில் இருக்கச் செய்யுமளவிற்கு, அதன் உண்மைத் திசை வேகத்தைப் போன்றதொரு திசைவேகத்தை எதிர்த் திசையில் கொள்ளவேண்டும். EF, EH என்பவை அளவிலும் திசையிலும் c, v (எதிர்த்திசையில்) என்னும் திசைவேகங்களைக் குறிக்கட்டும். EFGH என்னும் இணைகரத்தை நிரப்பினால், EG என்னும் மூலைவிட்டம் v, c இவற்றின் விளைவிசையைக் குறிக்கும். விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் EG என்னும் திசையில் புவியை அடைவதாகத் தோன்று வதால் GE என்பதன் நீட்சித் திசையில் S_1.என்னும் நிலையில் விண்மீன் இருப்பதாகத் தெரியும்.

ஒளிப்பிறழ்ச்சி θ வுக்கான அடிப்படை விதி $\tan \theta = \frac{v}{c}$ என்பதாகும். இங்கு v என்பது புவி யின் சராசரித் திசைவேகம், c என்பது ஒளியின் திசை வேகம். புவி தன் சராசரித் திசைவேகத்துடன், ஒரு விண்மீனின் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் இயங்கும்போது ஏற்படும் சராசரித் திசைவிலக்கம், ஆண்டு ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் (annual aberration) மாறிலி α எனப்படும். இதன் அளவு 20.″ 5 ஆகும். இது அனைத்து விண்மீன்களுக்கும் சம அளவாக அமைகிறது. இது புவியின் இயக்கத்திற்குச் சிறந்த தொரு நிறுவணமுமாகிறது.

புவியின் நாளியக்க (diurnal motion) விளைவாக ஏற்படும்ஒளிப்பிறழ்ச்சி நாள் ஒளிப்பிறழ்ச்சிஎனப்படும். இதன் மீப்பெரு அளவு 0″. 3 ஆகும். இதன் மதிப்பு பார்வையாளரின் புவி அகலாங்கைப் (geolatitude) பொறுத்து அமையும். இந்த ஒளிப்பிறழ்ச்சி என்னும் நிகழ்வை 1725 இல் ஜேம்ஸ் பிராட்லி என்னும் இங்கி லாந்து வானியலார் கண்டறிந்தார். புவி, சூரியனை வலம்வாராமல் இருப்பின், ஒளிப்பிறழ்ச்சி இல்லை. தன் பாதையில் புவியின் வேகவிளைவாக விண்மீன்களின் நிலையில் இடம் பெயர்வது போன்ற தோற்றம் ஏற் படுகிறது. தனித்தனி சிறு ஆண்டுப் பாதைகளில் விண் மீன் ஒவ்வொன்றும் இயங்குவதாகத் தோன்றுகிறது. ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் விளைவாக விண்மீனின் தோற்ற ஆண்டுப்பாதை நீள்வட்டமாகவுள்ளது. அந்நீள் வட்டங்களின் பேரச்சுகள் யாவும் சம நீளமுடை யவை. அரைப்பேரச்சு ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் மாறிலி ஆகும். குற்றச்சுகள் விண்மீன்களின் வான அகலாங்கு ϕ ஐப் பொறுத்திருக்கும். அதன் பொது அளவு $0.31 \cos \phi$ ஆகும்.

r- டிராகானிஸ் என்னும் விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் (declination) நாளுக்கு நாள் மாறுபடுவதற் கான காரணமறிய ஜேம்ஸ் பிராட்லி முயன்றபோது விண்மீன்களுக்கான ஒளிப்பிறழ்ச்சியைத் தற்செயலாக உணர்ந்தார். இவ்விண்மீன் சூரியத் தோற்றத்தின் போது தெற்கிலிருந்து மிக நெடுந்தொலைவில் இருப்பதையும், அரையாண்டுக் காலம் சென்றபின், சூரியன் மறையும்போது வடக்கிலிருந்து மிக நீண்ட தொலைவில் இருப்பதையும் கண்ட பிராட்லி ஒளிப் பிறழ்ச்சி ஏற்படுவதற்கான விளக்கத்தை 1729 இல் அளித்தார். சூரியனை வலம் வரும் புவியின் திசை வேகத்திலிருந்தும், ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் கணிப்புகளி லிருந்தும் ஒளியின் திசைவேகத்தை நுணுக்கமாகக் கணக்கிட்டார்.

விண்மீன்கள் யாவற்றிற்கும் ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் அளவு ஒன்றேயென்பதால் சார்பியல் தத்துவத்தில் புவியை நோக்கி வரும் ஒளியின் திசைவேகம்,

புவியைச்சார்ந்த ஒளிப்பிறப்பிடத்தின் சார்பியக்கத்தால் தாக்கமுறுவதில்லை, என்னும் சிறப்புக் கொள்கையை வலியுறுத்துவதாக உள்ளது. விண்மீன்களுக்கு மட்டுமல்லாமல் சில குவாசர்களும் ஒரே அளவான ஒளிப்பிறழ்ச்சியைப் பெற்றுள்ளன.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் ஒளிப்பிறழ்ச்சி, புவி, விண்வெளியிடைப் படர்ந்துள்ள ஈதர் என்பதொரு திரையினூடே சூரியனை வலம் வருகிறது என்னும் கருத்துக்குத் தகுந்த சான்றாக அமைகிறது என்று கருதினர். 1887 இல் மைக்கேல்ஸன் மோர்லி என்பார் மேற்கொண்ட ஆய்வின் விளைவாகப் புவி ஈதரோடு சூரியனை வலம் வருகிறது என்னும் உண்மையை உணர்த்தினார். ஈதரைப் பற்றிய இரு முரண்பட்ட கருத்துகள்சார்புத்தத்துவ இயலால் தீர்த்துவைக்கப்பட்டன. ஒளிப்பிறழ்ச்சி சார்பியல் கருத்துகளுக்கு ஆக்கம் தருவதாக உள்ளது.

- சி. பழநிசுவாமி

நூலோதி. க. கோவிந்தராசன், மற்றும் தி. க. முத்துசாமி, வானியல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை, 1971; இரா. அனுமந்தராவ், வானியல், தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை, 1973.

ஒளிப்புகு ஊடகம்

சாதாரணமாக மறு புறத்திலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் கண்ணால் பார்க்கும் வகையில் ஒளி கடந்து செல்லக்கூடிய ஊடகம் ஒளிப்புகு ஊடகம் எனப்படும். கண்ணாடி, நீர் போன்ற நிறமற்ற நீர்மம், காற்றுப் போன்ற நிறமற்ற வளிமம் போன்றவற்றை இதற்குச் சான்றாகக் கூறலாம். முதலில் கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளியின் அடிப்படையிலேயே ஒரு பொருளின் ஒளி புகும் தன்மை விளக்கப்பட்டாலும், பின்னர் மின்காந்த அலைகளின் பிற கதிர்களின் உட்புகுந்திறன் அடிப்படையிலும் ஊடகங்களின் கதிர்புகுந் தன்மை விளக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக எக்ஸ் கதிர்கள் உலோகங்களை உட்புகவிடாத் தன்மை கொண்டவை. ஆனால் தாள், மரம், தசை போன்றவை ஒளியை உட்புகவிடா எனினும் எக்ஸ் கதிர்கள், நுண்ணலைகள் ஆகியவற்றை உட்புக விடுகின்றன. நீலக்கண்ணாடி நீல நிற ஒளியை மட்டும் உட்புக விடும் தன்மை பெற்றுள்ளது. பிற நிற ஒளிகளுக்கு அது உட்புகவிடாத் தன்மை கொண்டது. சாதாரண கண்ணாடி வழியாகப் புற ஊதாக் கதிர்கள் கடந்து செல்லா. ஆனால் அவற்றைக் குவார்ட்ஸ் படிகங்கள் கடத்தும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிப்புரை

சூரியனின் புறப்பரப்பில், ஏறக்குறைய 400 கி. மீ அளவுக்குத் தடிப்பாகப் பரவியுள்ள மிகவும் வெப்பமான ஆவிப்படலம் ஒளிப்புரை (photosphere or light sphere) எனப்படும். இதன் சாராசரி வெப்பநிலை 4000 - 5700 K வரை ஆகும். இப்பகுதியிலிருந்துதான் ஒளிக்கதிர்கள் புறப்படுகின்றன.

ஒளிப்புரைக்கடியில், வெப்பமின்னாற்றல்கள் வெப்பநிலை மிகுதியாக உள்ள பகுதியிலிருந்து மேலே குறைவாக உள்ள பகுதிகளுக்கு மாறி, மாறிச் சுழற்சி அடைந்து கொண்டிருக்கின்றன.. உள்ளொளியை ஊடுருவிச் செல்லவிடாத ஆவிமண்டலம், இங்கு உள்ளது. ஒளிப்புரையைச் சுற்றி மேற்புறத்தில் உள்ள மற்றொரு வெப்ப ஆவி மண்டலம், நிறமண்டலம் அல்லது செந்நிறப்புரை (chromosphere) எனப்படும். ஒளிப்புரையின்மேல் அவ்வப்போது தோன்றும் சூரியக் கறைகள் அல்லது கரும்புள்ளிகள் (sun spots) ஆய்வுக்குரியனவாகும். காண்க, சூரியக்கறைகள்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒளி புறஊதாக்கதிர் நிறமாலையியல்

ஓர் ஒளியை நிறப்பிரிகை அடையச் செய்து அதிலுள்ள நிறங்களையும், அலை நீளங்களையும் பகுப்பாய்வு செய்வது நிறமாலையியல் (spectroscopy) எனப்படும். வளி மண்டலத்திலுள்ள நீர்த்திவலைகளில் சூரிய ஒளி பட்டு நிறப்பிரிகை அடைவதால் தோன்றும் வானவில் அனைவரும் அறிந்த ஒரு நிறமாலையாகும். வானவில்லில் அகன்ற நிறப்பட்டைகள் உண்டாக அவை விளிம்புகளில் கலந்து கலங்கியிருக்கும். இதற்கு மாறாகப் புதிய நிறமாலையியல் உத்திகள் வெவ்வேறு நிறங்களைச் சரியாகப் பிரித்தெடுக்கின்றன. கூர்மையாக வரையறுக்கப்பட்ட நிறமாலை வரிகளை உண்டாக்கி அவற்றின் அலை நீளங்களை மிகு நுட்பமாக அளவிட முடிகிறது.

அகன்று பரந்த மின்காந்த நிறமாலையில் கட்புலனாகும் பகுதி ஒரு சிறிய நெடுக்கத்தில்தான் அமைந்திருக்கிறது. ஆனால் அதில் கண் உணரக்கூடிய அலை நீளங்கள் அடங்கியிருப்பதால் அது ஒரு குறிப்பிடத்தக்க பகுதியாகும். இது ஊதா முனையில் 400 நானோமீட்டரிலிருந்து சிவப்பு முனையில் 700 அல்லது 750 நானோமீட்டர் அலை நீளம் வரை பரவியிருக்கிறது. ஒரு நானோ மீட்டர் என்பது 10^{-9} மீட்டருக்குச் சமமாகும்.

சிவப்புக்கு அப்பால் அகன்ற கீழ்ச்சிவப்புப் பகுதி அமைந்துள்ளது. அது நுண்ணலைகள் (micro waves)

வரை நீண்டிருக்கிறது. கட்புலனாகும் ஒளியை விடக் குறைந்த அலை நீளமுள்ள கதிர்கள் புற ஊதாக் கதிர்கள் எனப்படும். இது தன் மறு முனையில் எக்ஸ் கதிர்ப் பகுதியின் மேற்படிகிறது. கட்புலனாகும் ஒளிக்குப் பயன்படும் நிறமாலையியல் உத்திகளே 200 நானோமீட்டர் வரை அலை நீளமுள்ள புற ஊதாக் கதிர்களுக்கும் பயன்படுகின்றன. ஆனால் கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களுக்கு அவை உதவா. அலை நீளங்கள் மேலும் குறையும்போது ஆய்வு முறைகளில் சிக்கல்கள் தோன்றுகின்றன. குறைந்த அலை நீளக் கதிர்களைக் காற்று தடுத்து நிறுத்தி விடுகிறது. எனவே ஆய்வுக் கருவிகளில் உயர்ந்த வெற்றிடத்தைத் தோற்றுவிக்க வேண்டியுள்ளது. புற ஊதா நிற மாலைக் கருவிகளில் கண்ணாடி வில்லைகளுக்கும் பட்டகங்களுக்கும் பதிலாகக் குவார்ட்ஸ் வில்லை களும் பட்டகங்களும் பயன்படுகின்றன. ஆனால் அவையும் குறைந்த அலை நீளக்கதிர்களைக் கடத்தா. பெரும்பாலான பொருள்கள் குறைந்த அலை நீளக் கதிர்களைக் கடத்துவதில்லை. எனவே அவற்றிற்குக் கதிர் விலக்க முறைகளுக்குப் பதிலாக எதிரொளிப்பு முறைகள் பயன்படுகின்றன.

நிறமாலையியல் முறையில் ஒலியைப் பகுப்பாய்வு செய்ய, முதலில் ஓர் அணு அந்த ஒளியை உமிழ வேண்டும். அந்த அணு கிளர்வூட்டப்பட்டால்தான் அது ஒளியை வெளியிடும். அதாவது அது தன் இயல்பான சிறும ஆற்றல் கொண்ட, பெரும நிலைத் தன்மையுடைய அடிநிலைக்கு மேற்பட்ட ஆற்றல் கொண்ட ஒரு நிலைக்கு உயர்த்தப்படவேண்டும். அதை வெப்ப முறைகளாலோ மின்சார முறைக ளாலோ செய்யலாம். ஒரு திண்மத்தைச் சில நூறு செல்சியஸ் பாகைகளுக்குச் சூடேற்றினால் அது ஒளி வீசத்தொடங்குகிறது. இத்தகைய சூட்டால் ஒளிரும் ஒரு மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை ஒரு நிறமாலை காட்டியின் வழியாகச் செலுத்தி னால் அது வானவில்லில் உள்ளது போல ஒரு தொடர் நிறமாலையாக நிறப்பிரிகை அடைகிறது. இதற்கு எதிரிடையாக ஒரு சூடான வளிமம் அல்லது ஆவியிலிருந்து வெளியாகும் ஒளியில் சில குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களே இருக்கும். அந்த அலை நீளங்கள் அந்த வளிமம் அல்லது ஆவியிலுள்ள அணுக்களின் தனிச்சிறப்பியல்பாகும். புன்சன் விளக் கின் சுடரில் சிறிது சமையல் உப்புத்தூளைத் தெளித் தால், கொழுந்து பொலிவு மிக்க மஞ்சள் நிற ஒளியை வெளியிடுவதைக் காணலாம். சோடியத்தின் வலி மிக்க ஒத்ததிர்வு வரிகளின் காரணமாக இம் மஞ்சள் நிறம் தோன்றுகிறது. நியான் விளக்குகள் போன்ற வளிம மின்னிறக்கக்குழாய் ஒளிரும் பொருள், மின் வில், மின் பொறி ஆகியவை பிற கதிர் வீசு மூலங்கள் ஆகும். விண்மீன்களிலிருந்தும் வரும் ஒளியைப் பகுப் பாய்வு செய்து விண்மீன் நிறமாலைகளைப் பெறலாம். அவை விண்மீனியற்பியல் ஆய்வுகளில் பெரும் சிறப் புடையவை.

நிறமாலை மூலம் வேதிப் பகுப்பாய்வு செய்யும் முறைகளில் சில மி. கி. அளவே நிறையுள்ள மாதிரிப் பொருளைத் தூளாக்கி ஒரு கரி வில் விளக்கின் கீழ் மின்வாயிலுள்ள குழியிலிட்டு அதன் ஆவி உண் டாக்கும் நிறமாலையைப் பதிவு செய்யலாம் அல்லது மாதிரிப் பொருள் உலோகமாக இருந்தால் அதையே மின்வில் பொறி விளக்காக அமைத்து அதன் நிற மாலையை ஆராயலாம். இத்தகைய நிற மாலைகள் உமிழ் நிறமாலைகள் (emission spectra) எனப்படும். உட்கவர் (absorption) நிறமாலைகளைப் பயன்படுத்தி யும் அணுக்கட்டமைப்புகளைப் பற்றிய தகவல்களைப் பெற முடியும். ஒரு தொடர் நிறமாலையை வெளி யிடும் ஒளியை ஒரு வளிமம் அல்லது நீர்மம் அல்லது சில சமயங்களில் திண்மங்களின் வழியாகச் செலுத்தி உட்கவர் நிறமாலை உண்டாக்கப்படுகிறது. தொடர் நிறமாலையின் பொலிவு மிக்க பின்னணியில் மாதிரிப் பொருளின் தனிச்சிறப்பான கரிய வரிகளும் பட்டை களும் தென்படும். சூரியனின் தொடர் நிறமாலையில் காணப்படுகிற பிரான்ஹாபர் வரிகள் இதற்கு எடுத்துக் காட்டு. அவற்றின் உதவியால் புவியில் உள்ள பல பழக்கமான தனிமங்கள் சூரியனின் சற்றே குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள வெளி வளிமண்டலமான ஒளிக் கோளத்திலும் காணப்படுவதற்கான சான்றுகளை அவை அளித்திருக்கின்றன.

அனைத்து நிறமாலைக் கருவிகளிலும் ஒரு மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி இணையாக்கப்பட்டு ஒரு முப்பட்டகத்தாலோ கீற்றணியாலோ நிறப்பிரிகை செய்யப்படுகிறது. அவ்வாறு வெளிப்படும் நிற மாலை ஒரு தொலைநோக்கியால் பார்க்கப்படுகிறது அல்லது ஓர் ஒளிப்படத் தகட்டில் பதிவு செய்யப்படு கிறது. மூலம் என்பது பொலிவு மிக்க சுடராகவோ, வளிம மின்னிறக்கக் குழாயாகவோ, மின்வில் அல்லது பொறியாகவோ இருக்கலாம். அந்த ஒளி இணை யாக்கியின் துளையில் விழுந்து, அதன் வில்லையால் இணையாக்கப்பட்டு வெளியே வந்து முப்பட்டகத்தின் மேல் விழுகிறது. கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளிக்குக் கண்ணாடிப் பட்டகங்களும், புற ஊதாக் கதிர் களுக்குக் குவார்ட்ஸ் பட்டகங்களும். அண்மைக் கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களுக்கு இந்துப்பாலான பட்டகங் களும் பயன்படுகின்றன. பட்டகத்திலிருந்து வெளிப் படும் ஒளிக்கதிர்கள் தொலைநோக்கியின் பொருளருகு கண்ணருகு வில்லையின் குவியத்தளத்தில் குவிக்கப் படுகின்றன அல்லது ஒளிப்படக்கருவியின் வில்லை யால் ஒளிப்படத்தகட்டின் மேல் குவிக்கப்படும்.

இணையாக்கியின் துளை ஒரு மெல்லிய கோடாக இருக்கும்போது அதன் வெவ்வேறு நிறத்தோற்றங்கள் பதிவாகின்றன. எனவேதான் நிறமாலை வரிகள் என்ற சொல் ஏற்பட்டது. நிறமாலை வரைவி (spectrograph) நிறமாலை காட்டி (spectroscope), நிறமாலை அளவி (spectrometer) என்னும் பெயர் களில் ஒரே தன்மைத்தான ஆனால் சிறிய

வேறுபாடுகளுடைய கருவிகள் நிறமாலை ஆய்வுகளில் பயன்படுகின்றன. இக்கருவிகளில் நிறப்பிரிகைத் திறன் (dispersive power) பகுதிறன் (resolving power) ஆகிய அளவுகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. ஒரு நிறமாலை காட்டியின் ஒளிப்படத்தட்டில் dλ என்னும் அலை நீள வேறுபாடு கொண்ட இரண்டு வரிகள் dl என்னும் இடைத்தொலைவில் அமைந்திருந்தால், dl/dλ என்பது அதன் நிறப்பிரிகைத் திறன் எனப்படும். இதன் தலைகீழ் மதிப்பான dλ/dl என்னும் அளவும் பிரிகைத்திறனாகக் குறிப்பிடப்படுவதுண்டு. அது நானோமீட்டர்/மில்லிமீட்டர் என்னும் அலகில் அளவிடப்படும்.

பகுதிறன் என்பது நிறமாலை வரிகளின் கூர்மையையும் இரண்டு நிறமாலை வரிகள் ஓர் அகன்ற பட்டையாகக் கலந்து தெரியாமல் தனித்தனியாகத் தெரியத் தேவையான சிறும அலைநீள வேறுபாட்டையும் அளவிடுவதாகும். முப்பட்டகத்தைவிடக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்தினால் நிறப்பிரிகைத் திறனும் பகுதிறனும் மிகுதியாக இருக்கும். முப்பட்டகத்தில் ஒளி விலகலும், அதிர்வெண் அல்லது அலை நீளத்துடன் ஒளி விலகல் எண் மாறுவதும் நிறமாலையை உண்டாக்குகின்றன. கீற்றணியில் ஒளிக்குறுக்கீட்டு விளைவும் விளிம்பு விலகலும், நிறமாலையை உண்டாக்கும். சில ஊடகங்கள் சில குறிப்பிட்ட கதிர்களையே தம்மூடாகக் கடந்து செல்ல விடும். எதிரொளிப்பு வகைக் கீற்றணிகளைப் பயன்படுத்தும்போது இந்த இடையூறு தோன்றுவதில்லை. அவை மென்மையான எக்ஸ் கதிர்களிலிருந்து நுண்ணலைகள் வரையுள்ள அனைத்துக் கதிர்களையும் எதிரொளிக்கும். குழியாடி வகைக் கீற்றணிகள் பொருத்தப்பட்ட நிறமாலை காட்டிகளுக்கு இணையாக்கிகளும் முப்பட்டகங்களும் தொலைநோக்கிகளும் தேவையில்லை. குழியாடிக்கீற்றணிகள் விளிம்பு விலகல் உருத்தோற்றங்களைத் தாமே ஒளிப்படத் தகட்டில் குவித்துவிடும்.

துலக்கி. ஒளிப்படத் தகடுகள் செம்மைப்படுத்தப்படும் வரை நிறமாலை ஆய்வர்கள் தம் கண்களையும், நிறமாலைகளை நுட்பமான ஓவியங்களாக வரையும் திறமையையுமே நம்பியிருக்க வேண்டியிருந்து. ஒளிப்படங்களில் நிறமாலைகளைப் பதிவு செய்ய முடிந்தபோது நிலையான, புலனால் உணரக் கூடிய பதிவுகள் கிடைத்தன. அத்துடன் கண்ணுக்குத் தெரியாத புற ஊதாக் கதிர்களையும் அண்மைக் கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்களையும்கூடப் பதிவு செய்ய முடிந்தது. நிறமாலைகளைப் பதிவு செய்வதற்கான ஒளிப்படத்தடுகளை உற்பத்தி செய்யும்போது சில சிறப்புத் தன்மையுள்ள வண்ணங்களைக் கலந்து சில குறிப்பிட்ட நிறமாலைப் பகுதிகளை மிகு தெளிவுடன் பதிவாகும்படிச் செய்யலாம், பல வகையான குறுநொய்த் தன்மைகளைத் (graininess) தரக்கூடிய பாய்மங்களைப் பூசுவதன் மூலம் ஒளிப்படத் தகட்டின் பகுதிறனை மிகுதிப்படுத்தலாம். அவற்றின் மூலம் பதிவு செய்யும் வேகத்தையும் பதிவாகத் தேவையான காலத்தையும் தேவையான அளவில் அமைத்துக் கொள்ளலாம்.பதிவாகும் காலம் கூடக் கூடப் பதிவுகள் ஆழ்ந்து தோன்றுவது ஒளிப்படத் தகடுகளின் நற்பண்பு ஆகும். ஒளிப்படத்தகடுகளில் ஒரே சமயத்தில் பல நிறமாலை வரிகளைப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. ஒளிப்படத் தகட்டின் உணர்நுட்பம் நேர் போக்குத் தன்மையற்றிருப்பதால் செறிவுகளை அளவிடுவது கடினமாக உள்ளது. ஒளிப்படத் தகடுகளை உருத் துலக்கம் செய்ய வேண்டியிருப்பதால் மெய்நேரப் பகுப்பாய்வு (real-time analysis) செய்ய இயலாமல் போகிறது.

ஒளிபெருக்கிக் குழாய்கள் (photo multiplier tubes) ஒளிப்படத் தகடுகளை விட மிகு உணர்வு நுட்பத்தை அளிக்கின்றன. ஓர் ஒளியுணர் பரப்பின் மேல் விழும் ஒளி அதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்தக்கூடும். அதன் மூலம் தோன்றும் ஒளி மின்னோட்டத்தை (photccurrent) டைனோடுகளின் (dynode) உதவியால் பெருக்கலாம். இவ்வாறு மின்னோட்டத் துடிப்புகளை உண்டாக்க முடிகிறது.

போதிய அளவில் ஒளி விழும்போது ஒளிபெருக்கிக் குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் மின்னோட்டத்தின் மூலம் ஒளிக்கதிர் அளவைக் கண்டுபிடிக்கலாம். படு கதிரின் செறிவு மிகக் குறைவாக இருக்கும்போது தனித்தனியான எலக்ட்ரான் துடிப்புகளைச் செந்தரம் செய்யப்பட்ட எண்ணிகளின் உதவியால் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். துடிப்புத் தோற்றங்களின் ஒரு குறிப்பிட்ட உயர நெடுக்கத்தைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வதன் மூலம் பின்னணிக் குறியீடுகள் காஸ்மிக் கதிர்கள் போன்றவற்றால் தோன்றக்கூடிய தேவையற்ற துடிப்புகளைக் கண்டுபிடித்து ஒதுக்கி விடலாம்.

ஒளிபெருக்கிக் குழாயின் உணர்திறன் அலைநீளத்தைப் பொறுத்தது. பெரும்பாலான ஒளிப்பெருக்கிக் குழல்கள் நீலம், புறஊதா போன்ற குறைந்த அலை நீளக் கதிர்களை மிகுதியாக உணர்கின்றன. சிவப்புக் கதிர்களை உணரக்கூடிய ஒளிபெருக்கிக் குழல்களையும் அமைக்க முடியும். ஆனால் இவற்றில் சில இடையூறுகளும் உண்டு. சிவப்புக் கதிர்களால் வெப்பம் தோன்றும். ஒளிபெருக்கிக் குழல்களில் கதிர்வீச்சுப் படாமலிருக்கும்போதே இச் சூழல் வெப்பத்தின் காரணமாக எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதுண்டு. இவை இருள் எண்ணிக்கைகள் (dark counts) அல்லது இருள் மின்னோட்டங்கள் (dark currents) எனப்படும் பதிவுகளை உண்டாக்கும். ஒளி பெருக்கிக் குழல்களின் சிறும துலக்குத் திறன் இவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஒளிபெருக்கிக் குழல்களைக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில் வைப்பதன் மூலம் இவற்றைக் குறைக்க முடியும்.

ஒளிபெருக்கிக் குழல்கள் மிகுந்த நேர்போக்குத் தன்மையுள்ள உணர்திறன் கொண்டவை. நிறமாலை

வரைவியின் உருத்தோற்றத் தளத்தில் ஒரு சிறிய துளையைப் பொருத்திக் குறுகிய நெடுக்கமுள்ள அலை நீளப் பட்டைகளைத் தனிப்படுத்தி ஒளி பெருக்கிக் குழல்களில் விழச் செய்வதன் மூலம், கதிர் வீசலை மெய் நேரப் பகுப்பாய்வு செய்ய முடியும். நிறமாலையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் பல ஒளி பெருக்கிக் குழல்களைப் பொருத்திப் பரந்த அளவில் பதிவுகளை எடுக்கலாம். எனினும் ஒளிப்படத்தகடு களைப் போன்று விரிவான உள்ளடக்கமுள்ள பதிவுகள் கிடைப்பதில்லை.

ஒளிப்படத் தகடுகளின் விரிந்த உள்ளடக்கத் தன்மையையும் ஒளிபெருக்கிக் குழாய்களின் நேர் போக்குப் பண்பையும் ஒருங்கே கொண்டுள்ள வகை யில் எலெக்ட்ரானிய ஒளிதுலக்கி வரிசை (electronic photoarray) என்னும் அமைப்பு அண்மைக் காலத்தில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் குறைந்த ஒளிமட்டத் தொலைக்காட்சித் தத்துவம் பயன்படுகிறது. இதில் உள்ள துலக்கியில் ஒளி எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் பரப்பு, சிலிகான் இலக்கு, பதிவு செய் கற்றை, கற்றையைக் கட்டுப்படுத்தவும் துலக்கவும் உதவும் எலெக்ட்ரான் கருவி ஆகியவை உள்ளன. உமிழ்பரப்பி லிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள், முடுக்கப் பட்டுச்சிலிகான் இலக்குப் பரப்பின் மேல் விழுகின்றன. அப்பரப்பில் இரண்டு பரிமாணமுள்ள ஒளியோடு வரிசை அமைந்திருக்கிறது, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு டயோடின் மீது படும்போது அதிலுள்ள பரப்பு மின்னூட்டத்தினைக் குறைத்து விடுகிறது. ஒளி எலெக்ட்ரான் படாத இடங்களில் பரப்பு மின்னூட் டம் அப்படியே உள்ளது.

ஓர் எலெக்ட்ரான் கற்றை இலக்குப் பரப்பின் மேல் துருவப்பட்டு (Scan) வெவ்வேறு புள்ளிகளில் இழக்கப்பட்ட மின்னூட்டத்தை இட்டு நிரப்புகிறது. அந்த எலெக்ட்ரான் கற்றை இலக்குப் பரப்பை இணைக்கும் மின்சுற்றாகவும் செயல்படுகிறது. வெவ்வேறு புள்ளிகளில் மின்னூட்டத்தைப் பழைய அளவுக்குக் கொண்டு வரத் தேவைப்பட்ட எலெக்ட் ரான் மின்னோட்டம் துலக்கப்பட்டுப் பெரிதாக்கப் பட்டு ஓர் எண்ணியல் குறியீடாக (digital signal) மாற்றப்பட்டு ஒரு கணிப்பொறியின் நினைவுப் பகுதியில் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. வழக்கமான எண்ணியல் அல்லது வரைபட முறைகளில் கணிப் பொறியிலிருந்து தகவல்கள் மீட்கப்படுகின்றன. இத் தகைய ஓர் இலக்குடன் ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரான் உமிழ் பரப்பை இணைத்தால் அது சிலிகான் செறிவு மேம் பட்ட இலக்கு (silicon intensified target) எனப்படும். அதற்கு முன்புறத்தில் ஒரு உருத்தோற்ற மிகைப்பியை (image intensifier) வைத்து விட்டால் ஒளி எலெக்ட் ரான் உமிழ் பரப்பினுடைய பொலிவு மிக்க உருத் தோற்றம் கிடைக்கும். இந்தக் கருவிகள் கொண்ட அமைப்பு, செறிவு மேம்பட்ட சிலிகான் இலக்கு (intensified silicon and target) எனப்படும். பிற பல திண்ம நிலைத் துலக்கிகளும் உருவாக்கப்பட்டு வரு கின்றன. இக்கருவிகளின் விலை மிகுதியே இவற்றின் பெருங்குறையாகும்.

பயன். அணுக் கட்டமைப்பு, மூலக்கூற்றுக்கட்ட மைப்பு ஆகியவற்றைக் கண்டு அறிவதும், தெரியாத மாதிரிப் பொருள்களை வேதிப் பகுப்பாய்வுச் செய் வதும் நிறமாலையியலில் இரு பெரும் பயன்களாகும். இவற்றை முறையே நிறமாலைப் பகுப்பாய்வு (spectrum analysis) நிறமாலை வேதிப்பகுப்பாய்வு (spectro chemical analysis) எனக் குறிப்பிடுவதுண்டு. 20ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கப் பத்தாண்டுகளில் இவற்றின் மூலம் அணுக்கள், மூலக்கூறுகள் ஆகிய வற்றின் எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பைப் பற்றிய பல முக்கியமான உண்மைகள் வெளிப்படுத்தப்பட்டன. வேதிப் பகுப்பாய்வுக்குக் கீழ்ச்சிவப்பு நிறமாலைப் பகுதி பெரிதும் உதவியுள்ளது.

நிறமாலையை ஒளிப்படமாகவோ வரைபட மாகவோ, எண்ணியல் குறியீடுகளாகவோ பதிவு செய்த பிறகு ஆய்வாளர்கள் ஒவ்வொரு நிறமாலைப் பகுதியையும் ஆய்ந்தலசி அதன் மைய அலை நீளம் அல்லது அதிர்வெண், நிறமாலை வரியின் அகலம், அதன் சார்பு ஒளிச் செறிவு, சில சமயங்களில் முனை வாக்கம் ஆகிய தகவல்களைக் கண்டுபிடிக்கின்றனர். புதிய நிறமாலை அளவி அலைநீளம், அதிர்வெண், வரி அகலம் ஆகியவற்றை நேரடியாகவே அளந்து விட வசதியுண்டு. இவ்வாறில்லாதபோது இரும்பு போன்ற தெரிந்த அலை நீளமுள்ள பல வரிகளை வெளியிடக் கூடிய ஒரு மூலத்தின் நிறமாலையைக் கூடவே பதிவு செய்து அதை மேற்கோள் செந்தர மாகப் பயன்படுத்திப் பிற வரிகளின் அலை நீளங் களைக் கணக்கிடலாம். ஒரு நேர்போக்குத் தன்மை யுள்ள துலக்கியைப் பயன்படுத்தி வரிகளின் சார்புச் செறிவுகளை அளவிடலாம். ஒளிப்படத் தகடுகளை வைத்து இதைச் செய்வது கடினம். சார் பிலாச் செறிவு அளவுகளைக் கண்டு பிடிப்பது மேலும் கடினமாகும். அனைத்து வகை இழப்பு களையும், அலை நீளச் சார்புகளையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். துலக்கியில் ஒரு செந்தர மூலத்தைப் பயன்படுத்தி அளவு குறிக்க வேண்டும்.

ஓர் அணு நிறமாலைக்குள் பல நிகழ்வுகளில் உமிழ்வு வரிகளின் அதிர்வெண்கள் ஒன்றுக்கொன்று கூட்டுத் தொகைகளாகவோ, வேறுபாடுகளாகவோ தொடர்பு கொண்டவை. அணு எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்பின் காரணமாக இது போன்ற நிலை ஏற்படுகிறது. அணுக்கள், வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு அயனியாக்கம் செய்யப்பட்ட அணுக்கள் ஆகிய வற்றின் நிறமாலைகளை ஆய்வு செய்வதன் மூலம் தத்துவ இயற்பியல் வல்லுநர்கள் குவாண்ட்டம் எந்திரவியல் கணக்கீடுகளின் மூலம் பெறப்பட்ட

முடிவுகளைச் சரிபார்த்துக் கொள்ளத் தேவையான பற்பல தகவல்களைப் பெற முடிகிறது. இதன் மூலம் அவர்களின் கற்பனைகளும் அணு அமைப்பைப்பற்றிய கருத்துகளும் சரியானவையா என்பதையும் கண்டு பிடிக்க முடிகிறது.

ஒவ்வொரு தனிம அணுவும் தனக்கே உரிய சிறப்புத் தன்மையுடன் குறிப்பிட்ட அலை நீளங் களும் சார்புப் பொலிவும்கொண்ட நிறமாலையை வெளியிடுகிறது. எனவே பல தனிமங்கள் கொண்ட ஒரு சேர்மத்தை எடுத்துக் கொண்டு அதில் சிறி தளவை ஆவியாக்கி, அதிலிருந்து வெளிப்படும் நிற மாலையைப் பதிவு செய்து, அதிலுள்ள வரிகளின் அலை நீளங்களைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலம் சேர், மத்திலுள்ள தனிமங்களை இனம் காணவும், அவற்றின் விகிதங்களைக் கண்டுபிடிக்கவும் முடி கிறது. ஆய்வகங்கள், உற்பத்தித் தொழிலகங்கள், குற்றம் சார்ந்த அறிவியல் துறை ஆகியவற்றில் நிற மாலை மூலமான வேதிப் பகுப்பாய்வு பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. மூலக்கூறு இனங்களையும் இதே போல இனம் கண்டு பகுப்பாய்வு செய்ய முடியும். ஆனால் மூலக்கூறு நிறமாலைகளின் சிக்கலான தன்மை காரணமாக இது கடினம் மிகுந்த பணியாகியுள்ளது.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளி மண்டலம்

சூரியனின் பரப்பே ஒளிமண்டலம் எனப்படுகிறது. தோற்றவியலாகவோ, தொலைநோக்கி வழியாகவோ காணும் வட்ட வடிவச் சூரியனே ஒளிமண்டலமாகும். நேரிடையாகக் கண்களாலோ, சிறிய தொலை நோக்கியாலோ பார்க்கும்போது இது சீரான தோற்ற முடையதாகத் தெரிகிறது. ஆனால் பகு திறன் மிகுதியாகக் கொண்ட பெரும் தொலைநோக்கியால் ஆயும்போது அது துணுக்குகளால் பின்னப்பட்டது என்பது புலப்படுகிறது. இத்துணுக்குகள் ஏறத்தாழ 1500 கி.மீ விட்டமுடையனவாக உள்ளன. புவியின் வளிமண்டலத்தின் மங்கலாக்கும் ஆற்றலால் இத் துணுக்குகளை ஆராய்வதற்குக் கடினமாக உள்ளது.

சூரியத்துணுக்குகளும் சூரிய வெப்பச் சலனமும். சூரியத் துணுக்குகள் ஒளிமையத்தில் வளி இயக்கம் மேல்நோக்கியும் அதன் இருண்ட எல்லைகளில் கீழ் நோக்கியும் இருப்பதை டாப்ளர் விளைவு அளவைகள் சுட்டிக் காட்டுகின்றன. அவை பொதுவாக வெப்பச் சலனமண்டலத்தின் மிக உயர்ந்த வரிசையில் மெலெழுகின்ற வெப்ப வளிமத்தின் மேல் முனையாக விளங்குகின்றன. சூரியனின் வெப்பச் சலன மண்டலம் இருப்பதைப் புகைப்படங்களோடு கூடிய டாப்ளர் விளைவு அளவைகள் மெய்ப்பிக்கின்றன.

இம்மண்டலம், இருண்ட வெற்றிடங்களால் பிரிக்கப்பட்ட ஒழுங்கற்ற வடிவமுடைய ஒளியுடன் கூடிய வளிப்பகுதிகளாக இருப்பதை அறிவுறுத்து கிறது. உண்மையில் இருண்ட பகுதியின் வளிம அடர்த்தி, ஒளிப்பகுதிகளின் வளிம அடர்த்தியை விடச் சிறிதளவே வேறுபடுகின்றது. உள்ளிருந்து, அப்போதுதான் மெலெழுந்து வெப்ப வளிமத்தைக் கொண்டிருப்பதால் சூரியத்துணுக்குகளின் மையம் ஒளிமிக்கதாகத் தோற்றமளிக்கிறது. இவற்றின் இடைவெளிகள், வெப்பச் சலன மண்டலத்தில் கீழ் நோக்கிச் செல்லும் குளிர்ந்த வளிமத்தைக் கொண் டுள்ளன. இப்பகுதிகளில் உள்ள வளிமம், குளிர்ந்த நிலையில் இருப்பதால் குறைந்த வீசு கதிர் ஆற்ற லுடன், மேல்நோக்கிச் செல்லும் வளிமத்தைவிட இருண்டு காணப்படுகிறது.

புவியின் வளிமண்டலத்தில், ஒரு வெப்பப் பரப்பிலிருந்து மேல்நோக்கிச் செல்லும் வளிமம் தோன்றுவதை நன்கு உணரலாம். சூரியனின் கதிர்வீச்சு அடிக்கடி புவியின் பரப்பை, அதன்மேல் அடுத்துள்ள காற்றை விடப் பெருமளவு வெப்பப் படுத்துகிறது. இந்நிலப் பரப்பைத் தொடும் வளிமம் வெப்பமாகி, விரிவடைந்து, மிதந்து வெப்ப வளிம மாக மேலெழுந்து புவியின் வளிமண்டலத்தில் வெப்பச் சலன மண்டலத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. வெப்பச் சலன மண்டலத்தின் மேல்நிலை வழக்கமாக 3000 அடி உயரத்தில் உள்ளது. இவ்வெப்பக் காற்று மேல் நோக்கிச் செல்லும்போது அதன் வெப்பம் குறைந்துகொண்டு செல்லும். ஈரப்பதம் குளிர்ந்து, சுருங்கி நீர்த்துளிகளாக மாறி மேகத்தையும் மழையை யும் தோற்றுவிக்கிறது. சில சமயங்களில் வளிமண்ட லத்தில் மேல் நோக்கிச் செல்லும் காற்றின் மேல் பரப்பில் மட்டும் இந்த நெருக்கம் நிகழ்கிறது. அப் போது அந்த மேல்பரப்பு தனித்த மேகப் பகுதியாகக் காணப்படும். வெப்பச் சலன மண்டலத்தைக் குறிக் கும் இம்மேகப் பகுதிகள் சூரியனின் வெப்பச் சலன மண்டலத்தை ஒத்துள்ளன. ஒவ்வொரு மேகமும் சூரிய ஒளி மண்டலத்திலுள்ள ஒளிமிகுந்த சூரியத் துணுக்குகளை ஒத்துள்ளது.

மேம்பட்ட சூரியத் துணுக்குகள். சூரிய நிற மாலையின் டாப்ளர் விளைவு அளவைகள், சூரிய மேற் பரப்பிலுள்ள வளிமங்களின் பெரிய அளவு இயக்கங் களை வெளிப்படுத்துகின்றன. இவ்வியக்கங்கள் சூரியத் துணுக்குகளிலுள்ள வளிமங்களின் இயக்கத்தை ஒத்துள்ளன. ஆனால் இவை மிகத் தொலைவு நீட்டிக் கொண்டும் நீண்ட நேரம் நீடித்துக் கொண்டும் உள்ளன. இந்த இயக்கங்களால் சூரியனின் முழுப்பரப்பும் வெவ்வேறு வகைகளாகப் பிரிக்கப் படுகிறது. இப்பகுதிகளின் மையத்தில் இருந்து வெளி நோக்கி அவற்றின் எல்லைகளுக்கு வளிமம் செல் வதை, டாப்ளர் விளைவு முடிவுகள் குறிப்பிடுகின்றன. அண்மைக் காலத்தில் முன்னேற்றமடைந்த டாப்ளர்

விளைவின் செய்முறை கிடைமட்ட இயக்கத்துடன், சிறிதளவு செங்குத்துத் திசை வேகமும் இருப்பதைத் தெளிவுபடுத்துகிறது. சூரியத் துணுக்குகளில் நிகழ்வது போல் இச்செங்குத்துத் திசைவேகம் மையத்தில் மேல்நோக்கியும் எல்லையோரங்களில் கீழ்நோக்கியும் உள்ளது.

இத்திசைவேக அமைப்பு, இப்பெரிய அளவு வளிம இயக்கம் பத்தாயிரக் கணக்கான கி.மீ. ஆழத்தில் உள்ளே நிகழும் ஆழ்ந்த வெப்பச் சலனப் பிரிவுகளின் வெளித்தோற்றமே ஆகும் எனக் குறிக்கின்றது. பெரிய வெப்பச் சலனப் பிரிவுகள் வெப்பச் சலன மண்டலத்தின் மையப்பகுதியென ஊகிக்க முடிகிறது. பெரிய பிரிவுகள் மேம்பட்ட சூரியத் துணுக்குகள் எனப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒவ்வொன்றும் ஏறத்தாழ 30,000 கி.மீ. விட்டமுடையதாகவும், ஏறத்தாழ 300 சூரியத் துணுக்குகளை உள்ளடக்கியதாகவும், ஒரு முழுநாள் நீடிக்கக் கூடியதாகவும் உள்ளது. டாப்ளர் விளைவு அளவைகள் பெரும அளவான இயக்கமுடைய மிகப் பெரிய பிரிவுகள் இருப்பதையும் மெய்ப்பிக்கிறது. அவை வெப்பச் சலனப் பிரிவின் மூன்றாம் பகுதியின் வெளித் தோற்றங்களாக இருக்கக்கூடும்.

சூரியக் கோளத்தின் கூர்மை. சூரியனின் இறுதி அடுக்கின் வழியாகக் கடக்கும்போது, சூரியனின் அடர்த்தி தொடர்ச்சியாகச் சீராகக் குறைவதால் சூரியக் கோளத்தின் ஒளியும் சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து, விண்வெளி இருளை அடையும் என்று கருதக் கூடும். ஆனால் சிறிய தொலை நோக்கியின் மூலமாகச் சூரியனின் விளிம்பை ஆராய்ந்தால், அவ் விளிம்பு மிகக் கூர்மையாக இருப்பது தெளிவாகிறது. ஆழ்ந்த ஆய்வு மூலம் சூரிய விளிம்பின் கூர்மையைப் பற்றி அறியலாம். அதாவது சூரியனின் ஆழத்திலிருந்து விண்வெளிக்கு ஃபோட்டான்கள் வெளிப்பட்டுச் செல்கின்றன.

சூரியனின் ஆழ்ந்த மையத்தில் வளிமத்தின் வெப்பநிலையும் கதிர்வீசும் அணுக்களின் அடர்த்தியும் மிகுதியாக இருப்பதால் ஃபோட்டான்கள் மிகப் பெரிய அளவில் வெளிப்படுகின்றன. ஆனால் அவற்றில் பெரும்பாலானவை, வரும் வழியில் அடுத்தடுத்த அடுக்குகளால் உட்கவரப்படுகின்றன. மிகச் சிறிதளவே வெளிப்பரப்பை அடைந்து விண்வெளியை அடைகின்றது. அதாவது மிகக் குறைந்த அளவு சூரிய ஒளியே ஆழ்ந்த மையத்திலிருந்து வெளிப்படுகிறது. சூரிய மையத்திலிருந்து மிகு தொலைவில் சூரிய வளிம அடர்த்தியும், கதிர்வீச்சு அணுக்களின் எண்ணிக்கையும் குறைந்து விடுவதால் சூரிய ஒளியில் காணும் ஒரு குறைந்த பங்கு ஃபோட்டான்கள், வெளியேயுள்ள பகுதிகளிலிருந்து வருபவையாகும்.

சூரிய ஒளியில் உள்ள பெரும்பங்கு ஃபோட்டான்கள், மிகுஅளவில் ஃபோட்டான்களை வெளிப்படுத்தக்கூடிய மிகு அடர்த்தி கொண்ட சூரிய வளிமம் இருக்கும் இடைப்பட்ட நிலையில் இருந்து வருகின்றன. இந்நிலைக்கு மேல் அமையும் பொருள்கள் விண்வெளிக்கு வெளிப்படும் ஃபோட்டான்களைத் தடுத்து நிறுத்துமளவில் இல்லை. இந்த இடைப்பட்ட நிலைதான் சூரியனின் கண்ணுறும் பரப்பான ஒளிமண்டலம் ஆகும். இது குறிப்பிட்ட தடிமனும் கூர்மையாக வரையறுக்கப்படாத எல்லைகளும் உடைய மண்டலமாக உள்ளது. சூரிய அடர்த்தி மையத்திலிருந்து தொலைவு மிகுதிக்கேற்ப மிகக் குறைகிறது. குறுகிய தொலைவான 500 கி. மீ.க்கு ஒளிமிகு நிலையிலிருந்து தெளிவான ஒளிபுகும் அடுக்கு அமைகிறது. இந்த 500 கி. மீ. சூரியனின் விட்டமான 1.4×10^6 கி. மீட்டரில் மிகச் சிறிய பகுதியே. ஆதலால் சூரியக் கோளம் வெறும் கண்ணால் பார்க்கும்போதுகூட மிகக் கூர்மையான விளிம்புடன் காணப்படுகிறது.

கருமையான விளிம்பு. சூரியக் கோளம் ஒரே சீரான ஒளி கொண்டதாகத் தெரிந்த போதும், வெவ்வேறு பகுதிகளில் இருந்து வரும் ஒளியின் ஒளிச் செறிவு அளவுகளை ஆராயும்போது விளிம்பிலிருந்து வரும் ஒளியின் அளவு மையத்திலிருந்து வெளிப்படுவதைவிட 70% குறைவாக உள்ளது. இது கருமையான விளிம்பு எனப்படுகிறது. இவ் விளைவின் அளவு, அலை நீளத்தைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது.

ஒளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை. ஒளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலையின் சராசரி மதிப்பு 6000 K என, சூரிய ஒளி உட்கவர் நிறமாலையின் ஆற்றல் அலைநீள மாறுபடு பண்பிலிருந்து கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

- ஆ. இளங்கோவன்

ஒளி மருத்துவம்

இது பெரும்பாலும், குழந்தைகளுக்கு ஏற்படும் மஞ்சள் காமாலை மருத்துவமாகும். பிலிரூபின் மிகை இரத்தமும், காமாலையும் ஒளி மருத்துவத்தால் சீரடைகின்றன. பிலிரூபின், நீல வரிசையில் (420-470) பெருமளவில் ஒளியை உள்ளேற்கிறது. தோலில் உள்ள பிலிரூபின் ஒளி ஆற்றலை ஏற்று, நச்சான பிலிரூபினை நச்சற்றதாக்கி, கல்லீரல், சிறு நீரகம் இவற்றின் மூலமாக வெளியேற்றுகிறது. குறைந்த எடையுடன் பிறந்த குழந்தைகளுக்கு இரத்த மாற்றுக்கு மாறாகப் பகட்டொளி விளக்குகள் கொண்டு ஒளி மருத்துவம் செய்யலாம். அதே போன்று இரத்த ஓட்டச் சீர்குலைவு கொண்ட குழந்தைகளுக்கும் இரத்த மாற்றுக்கு மாறாகப் பகட்டொளி விளக்குகள் கொண்டு ஒளி மருத்துவம்

செய்யலாம். எனினும், கட்டாயமாகப் பரிமாற்ற இரத்த மருத்துவம் கொடுக்க வேண்டுமென்று இருந்தால் ஒளி மருத்துவ முறையைவிட, அந்த முறை பயனளிக்கும்.

இரத்தமிகை பிலிரூபின் இருப்பதாக உறுதியாக முடிவு செய்த பின்னரே ஒளி மருத்துவம் அளிக்க வேண்டும். அதே சமயம், காமாலைக்கான உரிய மருத்துவமும் அளிக்கப்படவேண்டும். இரத்த ஓட்டச் சீர்குலைவின் விகிதம் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தும், குளுகுரோனைல் டிரான்ஸ்பரேசின் நடவடிக்கையைப் பொறுத்தும், ஒளி மருத்துவத்தின் விளைவு அமைகிறது.

ஓரிரு நாளில், ஒளி மருத்துவம் பெறும் இளங் குழந்தைகளில், பிலிரூபின் 50% குறைகிறது. முதிராக் குழந்தைகளுக்கு ஒளி மருத்துவம் அளிக்கப்பட்டால் பிலிரூபின், 8-12 மணி நேரத்தில் 1-3 மி.கி./ மி.லி.க்குக் குறைகிறது. இரத்தத்தில் பிலிரூபினின் அளவு குறைந்தவுடன் ஒளி மருத்துவத்தை நிறுத்த வேண்டும். குருதிச் சிதைவு நோய் கொண்ட இளங் குழந்தைக்கு, ஒளி மருத்துவத்தால் சோகை உண்டாகலாம்.

விளைவுகள். வயிற்றுப் போக்கு, தோல் பொரிவு, மிகை சூடு, ஒளியால் நீர்ம இழப்பு, குழந்தை திறந்த வெளியில் இருப்பதால் ஏற்படும் நீர்க்கோப்பு, கண் காயம் ஆகியவை உண்டாகலாம்.

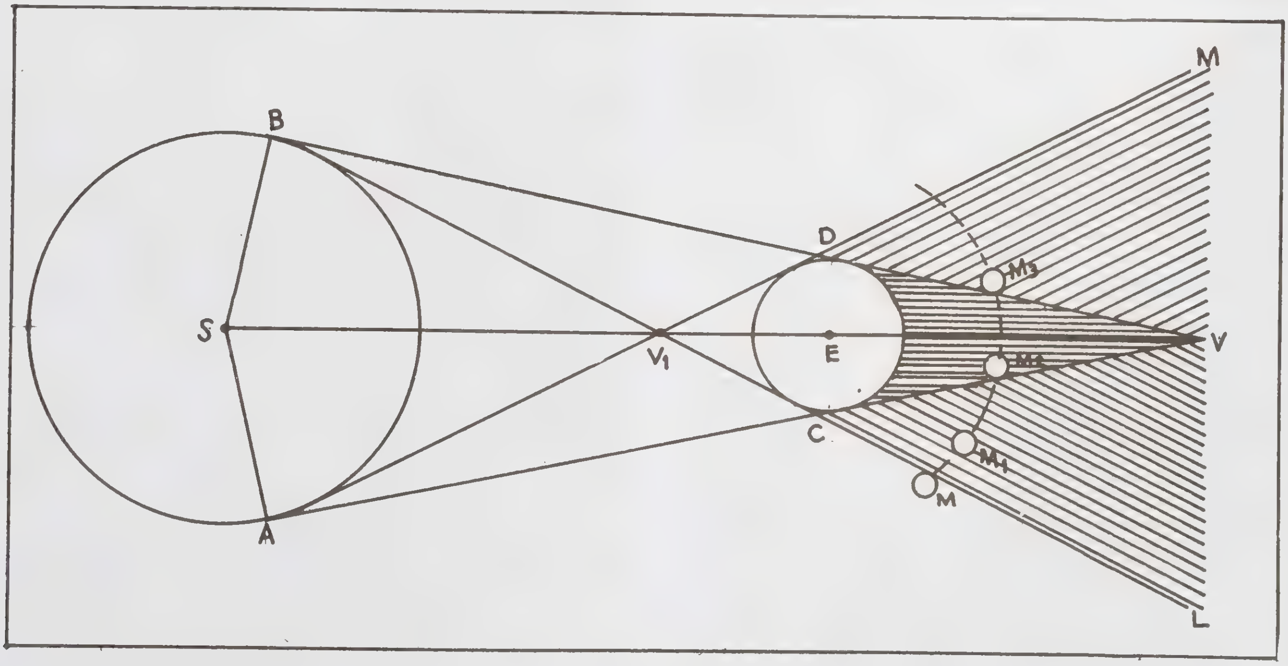
வெண்கலக் குழந்தை நோயியம் (Bronze baby syndrome) என்னும் சிக்கலும் ஒளி மருத்துவத்தால் உண்டாகிறது. ஒளி மருத்துவம் பெறும் இளங் குழந்தைகளின் தோல் சாம்பல் அல்லது மாநிற மடைகிறது. இத்தகைய குழந்தைகளிடம் பலவகைப் பட்ட இரத்த மிகை பிலிரூபின்கள் காணப்படு கின்றன. இங்கு, அடைப்புக் காமாலைக்கான அறி குறிகளும் காணப்படுகின்றன. இந்தநிறமாற்றம், நீண்டநாள் இருக்கும். ஒளி மருத்துவம் டி. என். ஏ (D. N. A) மீதும் வினைபுரிந்து சிக்கல்களை உண் டாக்குகிறது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். எனினும் நீண்டகாலப் பட்டறிவின் மூலம், ஒளி மருத்துவம் தீமையற்றது எனக் கருதப்படுகிறது.

- மு.கி. பழனியப்பன்

நூலோதி. Richard E Behrman, Nelson Text Book of Paediatrics, W.B. Saunders Co., Philadelphia, twelfth edition, 1983.

ஒளி மறைப்பு

விண்ணுலகில், குறிப்பிட்ட காலத்தில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் செயல்படும் வியக்கத்தக்க நிகழ்ச்சிகளில் ஒளிமறைப்பும் (eclipse) ஒன்றாகும். இதை மறைப்பு என்றும் குறிப்பிடுவதுமுண்டு. சூரியனை ஒரு குவிய மையமாகக் கொண்ட நீள்வட்டப்பாதைகளில் கோள் களும் துணைக்கோள்களும் கெப்ளர் விதிகளுக்குட் பட்டு இயங்குகின்றன. காண்க. கெப்ளர் விதிகள்.



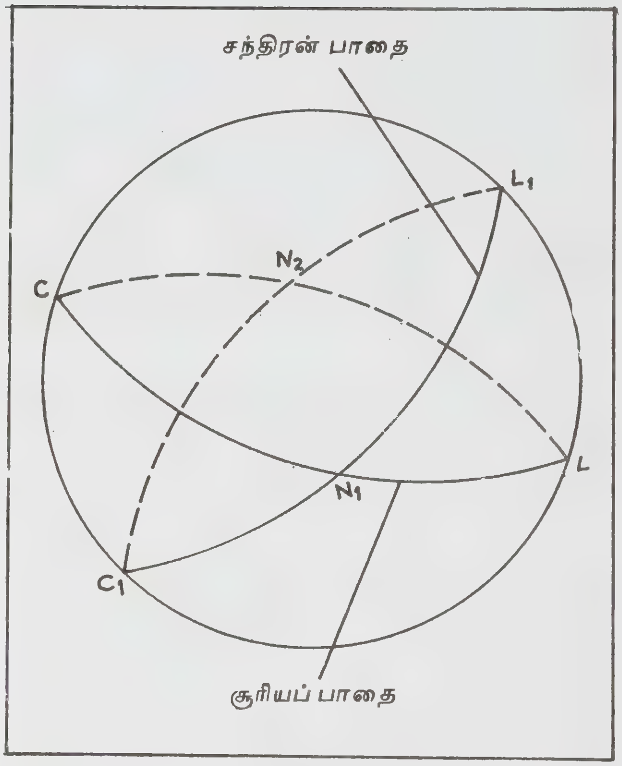
படம் 1

அவ்வாறு இயங்கும் கோள்களில் ஒன்றான புவியும் அதன் துணைக்கோள் சந்திரனும் தத்தம் பாதை களில் செல்லும்போது, சிற்சில சமயங்களில் சூரிய ஒளி ஒன்றன் மேல்படுவதை மற்றொன்று மறைக்கும். இதை ஒளி மறைப்பு எனலாம்.

சூரியனுக்கும் புவிக்குமிடையே சந்திரன் வரும் போது புவியின் மேலுள்ள பார்வையாளர்களுக்கு, சூரியனின் ஒரு பகுதியோ முழுச் சூரியனோ மறைக் கப்பட்டால் அதைச் சூரிய மறைப்பு (solar eclipse) என்றும், சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையில் புவி யிருக்கும்போது, சூரிய ஒளி புவியின் மேல்பட்டு அத னால் புவியின் நிழல் சந்திரனின் மேல்பட்டு ஒளி யிழந்து தென்படுவதைச் சந்திர மறைப்பு (lunar eclipse) என்றும் கூறுவர். சந்திரன் சூரியனுக்கும் புவிக்குமிடையில் வரும் நாளை அமாவாசை என வும், புவி சந்திரனுக்கும் சூரியனுக்கும் நடுவில் வரும் நாளைப் பௌர்ணமி எனவும் குறிப்பிடுகின்றனர்.

படம் 1இல் S,E,M முறையே சூரியன், புவி, சந்தி ரனைக் குறிக்கின்றன. M_1, M_2, M_3 சந்திரன், புவி யைச் சுற்றும் பாதையாகும். V யை முனையாகக் கொண்ட கூம்புப் பகுதியான V C D இல் சூரிய ஒளி படாததால், அப்பகுதி இருண்டிருக்கும். இது கருநிழற் பகுதி (umbra) யெனவும், V C L, V D M இல் ஒளிக் கதிர்கள் பகுதியாக விழுவதால் ஒளி குறைந்து காணப்படுவதால் இவை குறை நிழல் அல்லது புற நிழல் பகுதி (penumbra) எனவும் குறிக் கப்படுகின்றன.

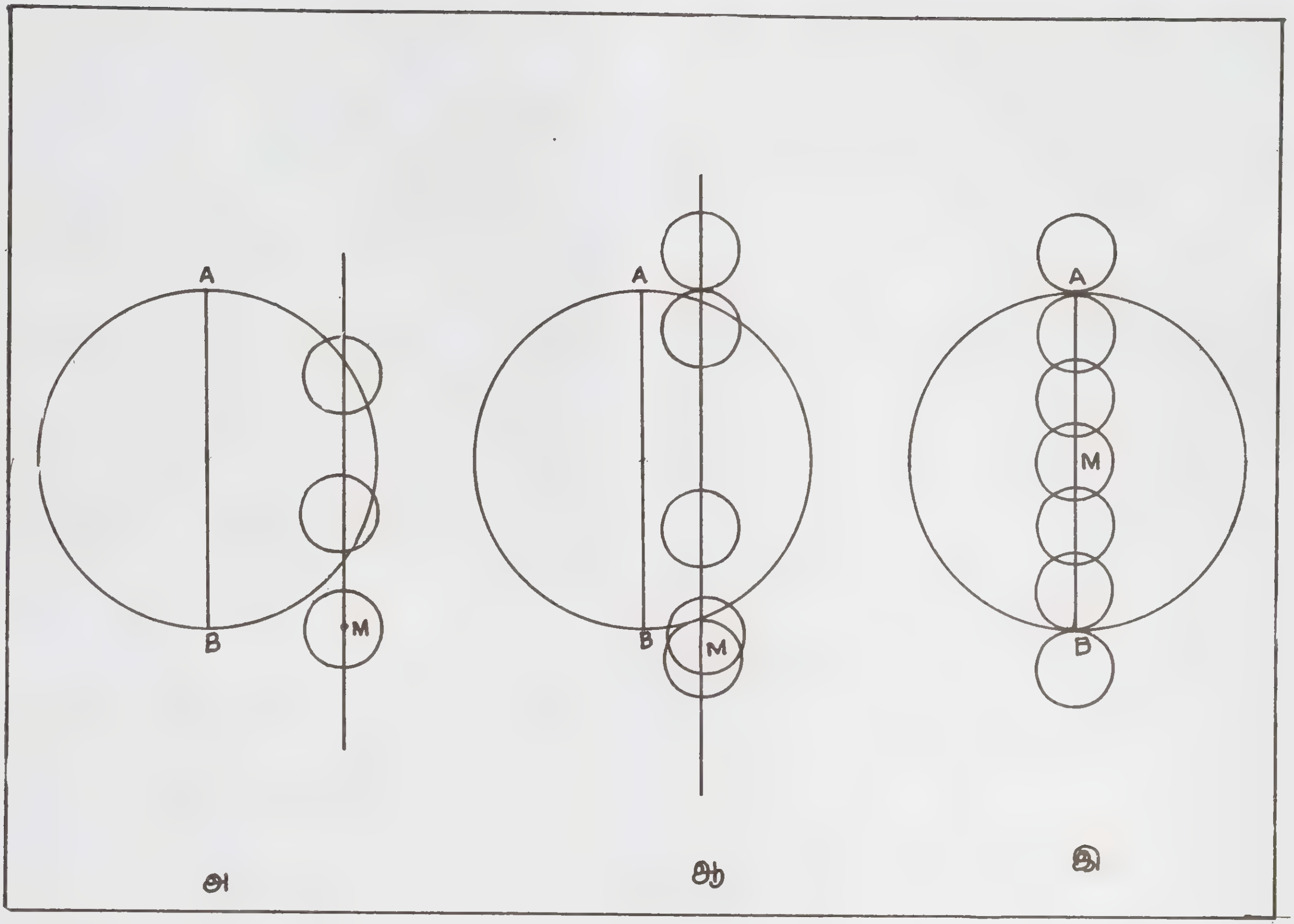
சந்திரன் மறைப்பு. சந்திரன் கருநிழற்பகுதியில் செல்லும்போது பௌர்ணமி நாளானால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். ஆனால் ஒவ்வொரு பௌர்ணமி நாளிலும் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படாது. ஏனெனில் சந்திரனின் பாதையும் சூரியனின் பாதையும் ஒன்றை யொன்று 5:2இல் வெட்டிக் கொள்கின்றன. வெட்டும் புள்ளி N_1 N_2 கோள் சந்திகள் (nodes) எனப்படும். பௌர்ணமி நாளன்று சூரியனுக்கும் அவற்றின் நெட்டாங்குகளுக்கிடையே (longitudes) உள்ள வேறு பாடு180° ஆக இருக்கும். ஒன்று கோள்சந்தி N_1 க் கருகிலிருந்தால் மற்றொன்று 180° தொலைவில் கோள் சந்தி N_2 க்கருகே இருக்கும். இவ்வாறு கோள் சந்திகளுக்கருகில் சூரியனும், சந்திரனும் இருக்கும் போது பௌர்ணமி நாளானால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். பிற பௌர்ணமி நாள்களில் ஏற்படாது. அதாவது சந்திரனின் அகலாங்கு (latitude) ஏறக்குறைய 57′க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும். மேலும் அதன் அகலாங்கு ஏறக்குறைய 27′ க்குக் குறைவாக இருந்து பௌர்ணமி நாளாயிருப்பின், முழுச் சந்திரன் மறைப்பும் 27′ க்கு மிகுதியாகவும் 57′ க்குக் குறைவாகவும் இருப்பின் குறைச் சந்திரன் மறைப்பும் ஏற்படும் எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 2.

இதைத்தவிர, சூரியனின் தொலைவையும் கணக்கிடும் போது, பௌர்ணமி நாளன்று சூரியன், தன் பாதையில் ஒரு கோள் சந்தியிலிருந்து ஏறக்குறைய 9°.5 தொலைவில் இருந்தால் சந்திரன் மறைப்பு உறுதியாகஏற்படும் என்றும் 12°30 தொலைவிற்கு அப்பால் இருந்தால் மறைப்பு ஏற்படாது என்றும் 9°5க்கும் 12°30 க்குமிடையிலிருப்பின் மறைப்பு ஏற் பட வாய்ப்புண்டு என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. தொலைவு9° 5 சந்திரன் மறைப்புக்குரிய மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு (minor ecliptic limit) என்றும், 12°30 மீப்பெருமறைப்பு வரம்பு (major ecliptic limit) என்றும் வரையறுக்கப்படுகின்றன.

சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படக் கூடிய சூழ்நிலை களாவன: அன்று பௌர்ணமி நாளாக இருக்க வேண்டும். சந்திரனின் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாக இருக்க வெண்டும். சந்திரனின் அகலாங்கு, பௌணர்மி நாளன்று 27′ க்குக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரன் மறைப்பு முழுமையாகவும் 27′ க்கும் 57, க்குமிடையிலிருப்பின் குறை மறைப்பாகவும் இருக்கும். 57′ க்கு மேலிருப்பின் மறைப்பு ஏற்படாது. சூரியன் ஒரு கோள் சந்தியிலிருந்து முழுமதி நாளன்று மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பான 9°5 க்குள்ளிருந்தால் சந்திரன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். 12°30க்குமேலிருந்தால் மறைப்பு ஏற்படாது. இரண்டிற்குமிடையிலிருந்தால்



படம் 3 அ ஆ இ

மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்புண்டு. சந்திரன் மறைப்பு இரு வகைப்படும். கருநிழற் பகுதியில் சந்திரன் ஓரமாகச் சென்று இப்பகுதியைக் கடந்து விட்டால், சந்திரன் மறைப்பு, குறை மறைப்பாகும். (partial eclipse படம் 3அ) கருநிழற்பகுதியின் விட்டத்திற்கருகில் சந்திரன் செல்லும்போது, குறைமறைப்பில் தொடங்கி, முழு மறைப்பு (total eclipse) ஏற்பட்ட பிறகு குறைமறைப்பில் (படம் 3ஆ) முடியும். கருநிழல் விட்டத்தின் வழியாகவே செல்லும்போது முழு மறைப்பாக, மையம் வழியே செல்வதால் இது மைய மறைப்பு (central eclipse) எனக் கூறப்பட்டு கின்றது. (படம் 3 இ).

சந்திரன் குறைமறைப்பாக அமையும்போது மறைப்பின் காலம் குறைவாக இருக்கும். முழு மறைப்புக்காலம் சற்றுக் கூடுதலாகவும் அதைவிட மைய மறைப்புக் காலம் மீப்பெருங்காலமாகவும் இருக்கும். மீப்பெரு சந்திரன் மறைப்புக்காலம் ஏறத்தாழ 4 மணி 15 நிமிடங்கள் என்றும் மீப்பெரு முழுச் சந்திரன் மறைப்புக்காலம் ஏறத்தாழ 2 மணி 8 நிமிடங்கள் என்றும் கணிக்கப்பட்டுள்ளது.

சூரியன்மறைப்பு

படம்-1 சந்திரன் சூரியனுக்கும் புவிக்குமிடையில் தன் பாதையில் PQ வில் செல்லும்போது குறை அல்லது முழுச்சூரியன் மறைப்பு ஏற்படும். சூரிய ஒளி புவியின் ஒரு பகுதியில் படாமல் சந்திரன் மறைக்கும்.

சூரியன் மறைப்புகளுக்கான சூழ்நிலைகள். அன்று அமாவாசையாக இருக்கவேண்டும். சந்திர மையத்தின் அகலாங்கு 1° 28'.35க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

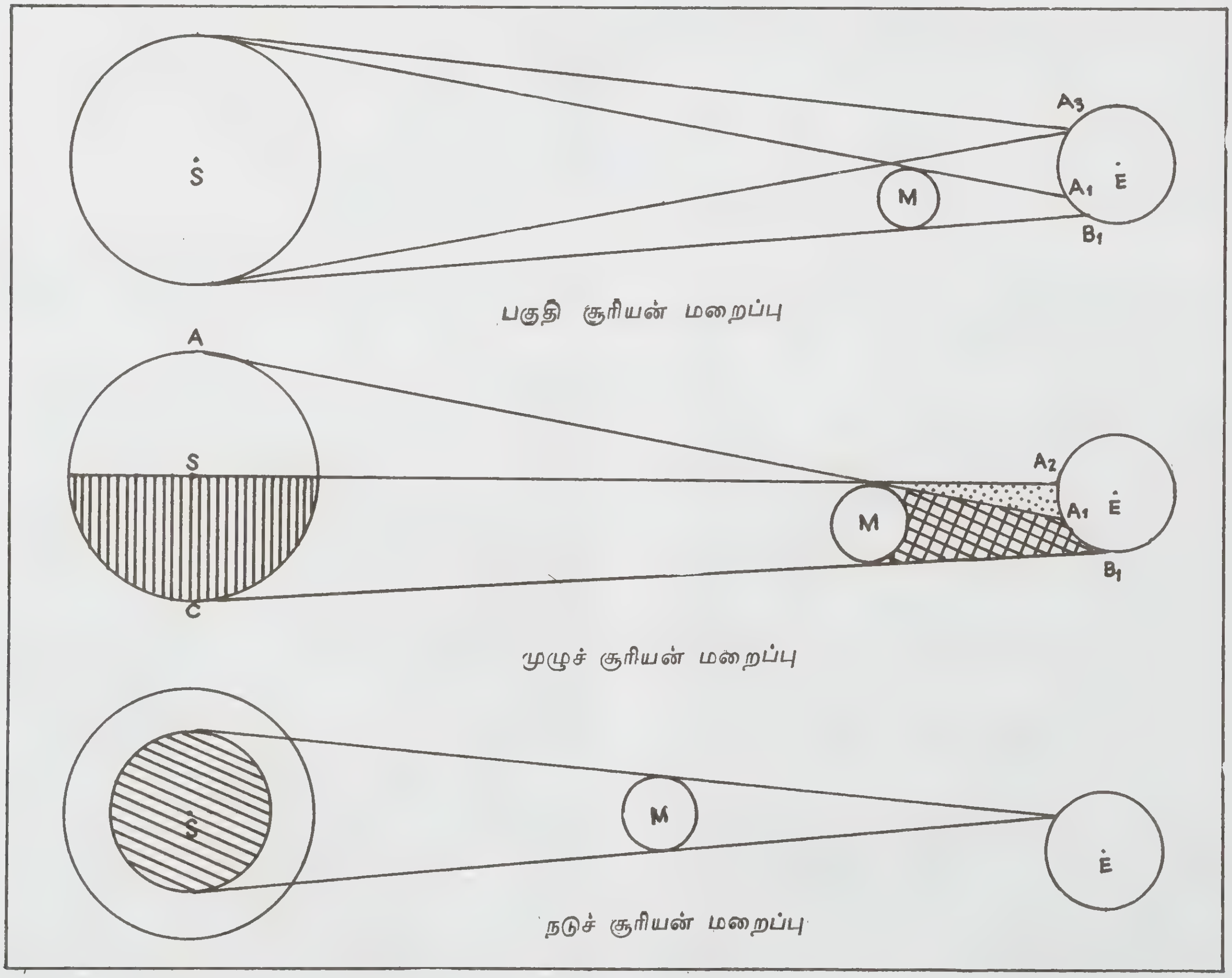
மேலும் சூரியன், சந்திரன் இரண்டின் கோண விட்டங்கள் (angular diameter) மாறிகளாகும். சூரியனின் விட்டம் 31'.6 - 32'.6 வரை சந்திரனின் விட்டம் 29'.4 33'.6 வரை ஒவ்வொன்றும் இருக்கும் தொலைவை யொட்டி அவை மாறுதலடையும். அமாவாசை நாளன்று சூரியன் மறைப்பு ஏற்படும் வாய்ப்பு இருக்கும்போது, சந்திரனின் விட்டம், சூரியனின் விட்டத்தைவிடப் பெரிதாக இருக்குமானால், முழுச் சூரியன் மறைப்பு (total solar) ஏற்படும்.

அதேபோல் சந்திரனின் விட்டம் சூரியனின் விட்டத்தைவிடச் சிறிதாக இருக்குமாயின் சூரியனின் நடுப் பகுதி மட்டும் மறைக்கப்பட்டு நடுச் சூரியன் மறைப்பு (annular solar eclipse) ஏற்படும். எனவே சூரியன் மறைப்பு, பகுதி சூரியன் மறைப்பு, முழுச் சூரியனின் மறைப்பு, நடுச் சூரியன் மறைப்பு அல்லது வளைய மறைப்பு என மூன்று வகைப்படும்.

சூரியனின் உருவ அமைப்பு, புவியிலிருந்து அதன் தொலைவு, சந்திரனின் உருவ அமைப்பு அதன் தொலைவுஇவற்றைப்பார்க்கும்போது,சூரிய மறைப்பு புவியின் மேல் ஒரு சில இடங்களில் மட்டும் தெரியலாம். பிற இடங்களில் தெரியாமல், ஒளி வீசிக் கொண்டிருக்கலாம். மேலும் ஓரிடத்திற்குப் பகுதி மறைப்பாகவும் மற்றோரிடத்திற்கு முழு மறைப்பாகவும், பிறிதோர் இடத்திற்கு நடு மறைப்பாகவும் இருக்க வாய்ப்புண்டு.

மேலும் அமாவாசை நாளன்று சூரியன் அண்மையில் உள்ள கோள் சந்தியிலிருந்து 15°5 க்குள்ளிருந்தால் சூரியன் மறைப்பு உறுதியாக இருக்கும். 18.°3க்கு மேலிருந்தால் மறைப்பு ஏற்படாது. 15.°5 க்கும். 18°.3க்கும் இடையிலிருந்தால் மறைப்பு ஏற்படலாம்

சூரியன் சந்திரன் மறைப்புகளின் முக்கிய ஒற்றுமை வேற்றுமைகள். சந்திரன் புவியைக் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுற்றி வருவதால், சந்திரன் மறைப்பின்போது முதலில் அதன் கிழக்குப் பகுதி கருநிழல் கூம்பில் நுழையும். அதனால் மறைப்பு கிழக்குப் பகுதியில் தொடங்கும். ஆனால் சூரியன் மறைப்பின் போது, சூரியனின் மேற்பகுதி மறையும். சந்திரன் மறைப்பில், சூரிய ஒளிபடாததால் சந்திரன் இருண்டுவிடும், சூரியன் மறைப்பில், சூரியன் சந்திரனால் மறைக்கப்படும். சந்திரன் மறைப்பு முக்கியமாகப் பகுதி அல்லது முழு மறைப்பு என இருவகைப்படும். சூரியன் மறைப்பு



படம் 4

பகுதி, முழு வளைய மறைப்புகள் என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படும்.

கருநிழல், புறநிழல் பகுதியைவிட, சூரியனுக்கும் புவிக்குமிடையேயுள்ள பகுதி அகலமாக உள்ளதாலும் குறிப்பிட்ட காலத்தில் சந்திரன் இப்பகுதியில் நீண்ட காலத்திற்கு இருக்க வாய்ப்பு இருப்பதாலும் சூரிய மறைப்புகள் சந்திரன் மறைப்புகளைவிட எண்ணிக்கையில் மிகுந்திருக்கும்.

புவியில் சந்திரனை நோக்கியுள்ள பகுதியில் உள்ள அனைவருக்கும் சந்திரன் மறைப்பு அப்படியே தெரியும். ஆனால் சூரியன் மறைப்பு பல இடங்களில் தெரியாமலும் இருக்கும். தெரியும் இடங்களிலும், ஒவ்வொரு விதமாகத் தெரியும். ஓர் இடத்தில் பகுதி மறைப்பாக இருப்பது மற்றோர் இடத்தில் முழு மறைப்பாகவோ வளையமறைப்பாகவோ தெரியலாம். ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் சூரியன் மறைப்புகளைவிடச் சந்திரன் மறைப்புகள் மிகுதியாகத் தெரியும்.

சந்திரனின் முழு மறைப்பு நேரம் நெடுநேரம் இருக்கும். ஆனால் சூரியனின் முழு மறைப்பு நேரம், சில நிமிட அளவில் தான் இருக்கும். மேலும், ஓராண்டுக் காலத்தில் மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை 7 எனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது. ஆண்டின் தொடக்கத்தில் ஏற்படும் மறைப்பு சூரிய மறைப்பானால் அவ்வாண்டில் 5 சூரியமறைப்புகளும் 2சந்திர மறைப்புகளும் நிகழும். அல்லது சந்திர மறைப்புடன் ஆண்டு தொடங்கினால் 4சூரிய மறைப்புகளும் 3 சந்திர மறைப்புகளும் நிகழும். மேலும் ஒரு கோள் சந்தியின் அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீச்சிறு எண்ணிக்கை 2 என்றும் அவ்விரு மறைப்புகளும் சூரிய மறைப்புகளாகவே இருக்கும் என்றும், மீப்பெரு எண்ணிக்கை 3என்றும் அவற்றில் 2சூரிய மறைப்பு ஒரு சந்திர மறைப்பு ஏற்படும் என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

இதில் முக்கியமாகச் சூரியன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை மிகுதியாக இருந்தபோது, குறிப்பிட்ட ஓராண்டில் ஒரு நாட்டில் சூரிய மறைப்பு தெரியாமலே இருக்கலாம். அதனால் அந்த ஆண்டில் சூரிய மறைப்பு ஏற்படவில்லை என்று கருதக்கூடாது. அந்நாட்டில் தெரியாவிட்டாலும் வேறுஎப்பகுதியிலேனும் தெரியலாம்.

மேலும் சூரியன் முழு மறைப்பும் வளைய மறைப்பும் வானியல் அறிஞர்களுக்கு, ஓர் அறிய வாய்ப்பளிக்கும். அன்று சூரியனின் அருகிலுள்ள விண்பொருள்களைப் பற்றியும், சூரியனின் புற உட்பகுதிகளைப் பற்றியும் ஆய்வு செய்ய முடியும். அதனால் புவியின் மேல் எந்த இடத்தில் இம்மறைப்பு ஏற்படுகிறதோ அவ்விடத்திற்குப் பல நாட்டு வானியல் அறிஞர்களும் தக்க ஏற்பாடுகளுடன் செல்வது வழக்கம்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒளிமாறு விண்மீன்

சிஃபியஸ் என்னும் விண்கூட்டத்தில் ஒளிமாறு விண்மீன் கூட்டம் (cepheid) வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் உள்ளன. இந்த விண்மீன் கூட்டம் பிளெட்ஸ் (pleadies) எனும் மண்டலத்திற்கும். காசியோப்பியா எனும் மண்டலத்திற்கும் இடையே அமைந்துள்ளது. இக்கூட்டத்தின் சிறப்பான எடுத்துக்காட்டாக δ-சிஃபெய் (δ-cephei) என்னும் விண்மீனைக் குறிப்பிடலாம். 1785 இல் குட்ரிக் என்னும் வானவியலாரால். இது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் பொலிவுப் பரிமாணம் (magnitude) ஏறக்குறைய 3.6 - 4.2 அளவு வரை ஆகும். இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த மற்றொரு விண்மீன் β-செஃபாயாகும் (β-cephei). இதன் பொலிவுப் பரிமாணம் 0.05 அளவாக இருந்தும்கூட, பெர்லின் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த வானவியலார் பால்குத்னிக் என்பாரால் இதன் ஒளிமாறுந் தன்மை காணப்பட்டது.

ஒளிமாறு விண்மீனின் காலவட்டம் ஏறக்குறைய 5.37 நாளாகும். இவ் விண்மீன் கூட்டத்தில் ஒரு நாளுக்குக் குறைந்த கால வட்டமுடைய விண்மீன்களும் பல நாள் காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் உள்ளன. ஒரு நாளிலிருந்து ஐம்பது நாள் கால வட்டமுடைய ஒளிமாறு விண்மீன்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. சில மணி நேரமே காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் திரள் திரளாக இவ்விண்மீன் கூட்டத்திலுள்ளன. இத்திரள்கள் விண்மீன் திரள் மாறிகள் (cluster variables) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. அவை கோள வடிவத்தைப் பெற்றவை ஆகும். இக்கூட்டத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன்களுக்குப் பல பொதுத் தன்மைகள் உள்ளன. அவை முறையே, மீப்பெரு விண்மீன்களாக உள்ளவை. பிற மீப்பெரு விண்மீன்களைவிடப் பொலிவு மிகுந்தவையாகும்.

பொலிவு மாற்றத்தில் குறையும், மிகையும் சீராகவும், விட்டுவிட்டு மாற்றங்கள் இல்லாமல் தொடர்ச்சியாகவும் உள்ளன. பொலிவுப் பரிமாணம் தன் மீப்பெரு மதிப்பை விரைவில் அடையும். அதே சமயம் அதன் சரிவு சீராகவும், மெதுவாகவும் இருக்கும். நாள் ஆக, ஆக விண்மீன் மிகுதியான செம்மை நிறத்தைப் பெற்று, பளபளப்பையும் மிகுதியாகப் பெறும்.

ஒளிமாறு விண்மீனை வான ஆராய்ச்சியாளரின் செந்தர ஒளி (astronomer's standard candle) எனக் குறிப்பிடலாம். மங்கலான விண்மீன்கள். வர்ஜினஸ்

விண்மீன்கள் எனப்படுகின்றன. ஒரு நாளுக்குக் குறைந்த காலவட்டமுடைய் விண்மீன்கள்R.R. விரா விண்மீன்கள் எனவும், குறைகால ஒளிமாறி விண் மீன்களெனவும், திறன் மாறிகள் எனவும் கருதப் படுகின்றன.

மு. அரவாண்டி

நூலோதி. ரா. அனுமந்தராவ், வானியல், தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை, 1973.

ஒளி மிகைப்பி

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஒளியை ஏற்று, அதைவிடப் பன்மடங்கு மிகுதியான ஒளியை வெளியிடும் கருவி ஒளி மிகைப்பி (light amplifier) எனப்படுகிறது. ஓர் ஒளி மூலமும், ஒளிமின்கல அஞ்சல் (photocell relay) கருவியும் கொண்ட ஓர் எளிய அமைப்பை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். ஓர் ஒளி மிகைப்பி தன் மேல் படும் உருவத்தை முற்றிலும் ஒத்த ஓர் உருத்தோற்றத்தை மிகு பொலிவுடன் உண்டாக்க வேண்டும். மேலும் அது மிகக் குறைவான பொலிவு மட்டங்களிலும் செயல்பட்டு, தான் உண்டாக்கும் உருத்தோற்றத்தில் போலியான பொலிவு மாற்றங் களை ஏற்படுத்தாமலும் இருக்க வேண்டும். ஒளி மிகைப்பிகளை உருவ மிகைப்பிகள் (image intensifiers) என்று குறிப்பிடுவர். இவை கண்ணுக்குத் தெரியாத அளவுக்கு மங்கலான ஓர் உருவத்தின் பொலிவைப் பெருக்கி வெறும் கண்ணால் காணக் கூடிய அளவுக்கு மிகைப்படுத்துகின்றன. ஆனாலும் முழுமையான இருளில் உள்ள பொருள்களின் உருத் தோற்றங்களை அவற்றால் பொலிவூட்ட முடியாது.

உண்மையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அடிப்படையான பொலிவு வரம்புக்கு மேற்பட்ட பொலிவுள்ள உருத் தோற்றங்களையே ஒளி மிகைப்பிகளால் மிகைப் படுத்திக் காட்ட முடியும். ஒளியின் துகள் தன்மை காரணமாக இக் கட்டுப்பாடு உண்டாகிறது. ஒரு வில்லையின் வழியாகவோ, வேறு ஒளியியல் அமைப் பின் வழியாகவோ வந்து ஓர் உருத்தோற்றப் பரப் பின் மேல் விழுகிற ஃபோட்டான்கள் தன்னிச்சையாக எந்த நேரத்திலும் வந்து விழும். உருத்தோற்றம் உருவாகத் தேவையான குறிப்பிட்ட நேர இடை வெளி அலகுப் பரப்பில் வந்து விழும் ஃபோட்டான் களின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவாக இருந்தால், உருத்தோற்றப் பொலிவில் உள்ள உண்மையான வேறுபாடுகள் காரணமாகப் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்களைவிடப் புள்ளியியல் தன்மையிலான (statistical) ஏற்ற இறக் கங்கள் மிகுதியாகும். இத்தகைய சூழ்நிலைகளில் உருத்துலக்கம் செய்ய முடியாமல் போகும்.

உருவ மிகைப்பிக் குழல். சில மிகைப்பிக் குழல் களில் ஓரளவு ஒளி புகக்கூடிய ஒளி எதிர்மின்முனை உள்ளது. அதிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் களின் அடர்த்திப் பரவீடு அதன் மேல் விழுகின்ற ஒளிச்செறிவின் பரவீட்டுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. ஓர் ஒளி உருத்தோற்றம் எதிர்மின் முனைத் தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில் விழும்போது மறு பக்கத்திலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் மின்னோட்ட உருத்தோற்றம் வெளிப்படுகிறது. ஒளிக் கதிர்களை ஒரு கண்ணாடி வில்லை குவிப்பதைப் போலவே ஓர் எலெக்ட்ரான் குவி அமைப்பு இந்த எலெக்ட்ரான் உருத்தோற்றத்தை ஒரு மிகைப்பி உறுப்பின் மேல் குவிக்கிறது. எலெக்ட் ரான்கள் நிலை மின்சார அல்லது காந்த விசைகளைப் பயன்படுத்திக் குவிக்கப்படும். மிகைப்பியிலிருந்து மிகு செறிவுடன் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பிறிதோர் குவி அமைப்பு மீண்டும் குவித்து அடுத்த மிகைப்பி உறுப்பின் மேல் செலுத்தும். இவ்வாறு பலமுறை மிகைப்படுத்தப்பட்ட எலெக்ட்ரான் கற்றை ஓர் ஒளிர்திரையின் மேல் வீழ்த்தப்பட்டு அதன் ஒளி உருத்தோற்றம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது.

அண்மை ஒளிமிகைப்பிக் குழல்கள் (proximity tubes) போன்ற கருவிகளில் ஒளி எதிர்மின்வாய்த் தகடும், ஒளிர் திரையும் ஒன்றுக்கொன்று இணை யாகவும் நெருக்கமாகவும் அமைந்திருக்கும். இக்கருவி களில் எலெக்ட்ரான்களைக் குவியப்படுத்த வேண்டிய தேவையில்லை. ஒளி எதிர் மின்வாயில் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் உயர்மின்புலங்களால் குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக முடுக்கப்பட்டு ஒளிர் திரையின் மேல் விழும்.

உருத்தோற்ற மிகைப்பிக்குழாய்களின் நிறமாலை மறு விளைவு, அவற்றிலுள்ள ஒளி எதிர்மின் வாய் களின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கிறது. அவற்றை அலை நீள மாற்றிகளாகவும் (wave length converter) செயல்பட வைக்கலாம். சாதாரணமாக இரு வகை யான ஒளி மிகைப்பி உறுப்புகள் பயன்படுகின்றன. ஒரு வகையில் ஓர் ஒளி புகும் மெல்லிய படலம் அல்லது ஒளியியல் இழைத் தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில் ஓர் ஒளிர் திரையும் மறு பக்கத்தில் ஓர் ஒளி எதிர்மின் வாயும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒளித் தகட்டின் மேல் எலெக்ட்ரான் உமிழ்விலிருந்து ஐம்பதுக்கும் மேற்பட்ட எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுகிறது. இவ்வாறு மிகைப்பி உறுப்பு எலெக்ட்ரான் உருத் தோற்ற மின்னோட்ட அடர்த்தியை 50 மடங்கு மிகைப்படுத்துகிறது. இத்தகைய இரண்டு மிகைப்பி உறுப்புகளை அடுத்தடுத்து அமைத்து 2500 மடங்கு வரை மிகைப்படுத்த முடியும்.

இரண்டாம் வகை ஒளிமிகைப்பி உறுப்பு ஒரு மெலிந்த துணை உமிழ்வு மின்னோட்டப் பெருக்கி (secondary emission current amplifier) ஆகும். அதற்கு நுண் வழித்தகடு (microchannel plate)

என்றும் பெயருண்டு. அது ஒளி எதிர் மின்முனைக்கும், திரைக்கும் நடுவில் வைக்கப்படுகிறது. அதில் சிறிய உள்ளீடற்ற கண்ணாடிக் குழல்கள் இணையாக அடுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன. அக்குழல்களின் உட்புறச்சுவர்களில் துணை எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடக் கூடிய ஒரு பொருள் பூசப்பட்டுள்ளது. ஒளி எதிர்மின்முனையிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் கண்ணாடிக் குழல்களின் உட்புறச் சுவர்களில் படும்போது, அப்பூச்சுகளிலிருந்து துணை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இத் துணை எலெக்ட்ரான்கள் கண்ணாடிக் குழல்களைக் கடந்து செல்லும்போது மேலும் பல எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. எனவே, இறுதியில் வெளிப்படும் மின்னோட்டம் பன்மடங்கு மிகைப்படுத்தப்பட்டதாக உள்ளது.

பயன். ஒளி மிகைப்பிக்கருவிகள் இருட்டில் பார்ப்பதற்கும், வானியல் அணுக்கரு இயற்பியல், நுண்ணுயிரியல் போன்ற துறைகளிலும் பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

- கே. என். இராமச்சந்திரன்

ஒளி மின் கடத்துமை

அரிதில் கடத்திகள், பகுதி கடத்திகள் (semi conductors) ஆகியவற்றின் மீது ஒளி விழும்போது அவற்றின் மின் கடத்துமை (electrical conductivity) மிகுதியாகிறது. இது ஒளி மின் கடத்துமை photoconductivity) எனப்படும். பகுதி கடத்தியின் மீது விழுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றல் பகுதிகடத்தியின் ஆற்றல் இடைவெளியை விடக் கூடுதலாகவோ அதற்குச் சமமாகவோ இருக்கும்போது ஒளி மின் கடத்துமை நிகழ்கிறது. ஒரு குறை கடத்தியின் மீது விழும்போது ஃபோட்டான்கள் உட்கவரப்படுகின்றன. எனவே, கட்டற்ற எலெக்ட்ரான்-துளை இணைகள் (free electron hole pair) தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இக்கட்டற்ற எலெக்ட்ரான் இணைத் துளைகள் மின்னோட்டத்தாங்கிகளாகச் (charge carriers) செயலாற்றுகின்றன. விடுவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் கடத்துப்பட்டையிலும் (conduction band) விடுவிக்கப்பட்ட துளைகள் இணைதிறன் பட்டையிலும் (valence band) இடம் பெறுகின்றன. அதாவது கடத்தா நிலையில் இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களைக்கடந்தும் பட்டைக்கு உயர்த்தி அவற்றை இடம் பெயரக் கூடியவைகளாக (mobile) ஆக்குகின்றன. அதே சமயத்தில் இணைதிறன் பட்டையில் உண்டாக்கப்பட்ட துளைகளும் இடம் பெயரும் நிலையை அடைகின்றன.

ஒளிமின் கடத்துமை, உள்ளார்ந்த பகுதி கடத்திகளில் (intrinsicsemi conductors) மட்டுமன்றிப் புறவியலான (extrinsic) பகுதி கடத்திகளிலும் காணப்படுகிறது. புறவியலான பகுதி கடத்திகளில் (புறக்) கலப்புகள் (impurities) மற்றும் குறைபாடுகள் ஆகியவை ஒளி மின்சாரத்திற்கு (photocurrent) உதவுகின்றன, அவற்றுள் வழங்கி (donar) கலப்புக்கள் மற்றும் ஏற்பி (acceptor)க் கலப்புகள் ஆகியவற்றின் பங்கு குறிப்பிடத்தக்கதாகும். அவை குறை கடத்திகளில் உள்ளபோது, குறை கடத்திகளின் மீது படும் ஆற்றல், பயன் தொடக்க ஆற்றலைவிடக் (threshold energy) குறைவாக இருந்தால் கூட, இடம் பெயரும் எலெக்ட்ரான் துளைகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் குறைபாடுகள் காரணமாக உள்ள துளைகள் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கவையாகும். அத்தகைய துளைகளின் இருப்பைக் கொண்டே ஒளிமின் கடத்துமை பற்றிய ஆய்வுகளின் உண்மைகளை உணரலாம். குறைபாடுகள் காரணமாக ஒரு குறை கடத்தியின் தடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளியில் (forbidden energy gap) ஆற்றல் நிலைகள் உண்டாகின்றன. இத்தகைய ஆற்றல் நிலைகள் பொறிகள் (traps) எனப்படும்.

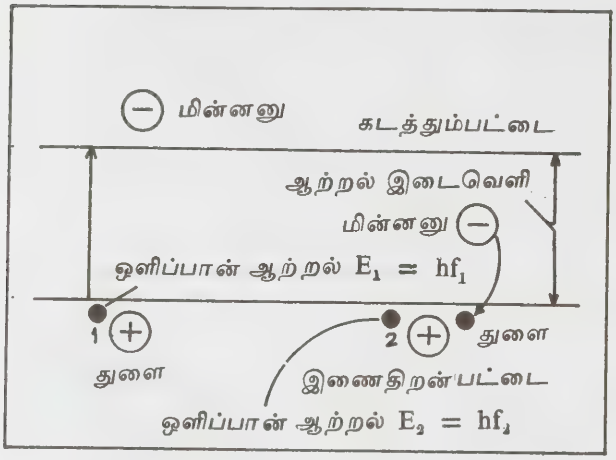
ஒளி மின் கடத்துமையை, ஒலிப்பான்களின் உதவியால் எலெக்ட்ரான்கள் அல்லது துளைகள் கட்டுண்ட நிலையிலிருந்து விடுபட்டு, கடத்தும் பட்டை அல்லது இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து மின்சாரத்தைக் கடத்தும் மின்னூட்டத் தாங்கிகளாகச் செயல்பட்டுப் பின்னர் பொறிகளால் மீண்டும் பிடிக்கப்படும் ஒரு செயல் என்று கூறலாம்.

ஒளி, ஒளிமின் கடத்துமைப் பண்பு கொண்ட பொருள்களின் மீது விழும்போது, ஒளிமின் கடத்துமை உண்டாகிறது. இந்த ஒளிக்கதிரை நிறுத்தும்போது ஒளிமின் கடத்துமை குறைகிறது. ஒளிக் கதிர்வீச்சு நிற்கும்போது எலெக்ட்ரான்களும் துளைகளும் இணைகின்றன. இதன் காரணமாக மின் கடத்துமை நின்றுவிடுகிறது. எலெக்ட்ரான்களும் துளைகளும் ஒன்றிணைவதற்கு முன் வெவ்வேறு வகையாக நடந்து கொள்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு பொருளில் அவை வெவ்வேறு நேரத்திற்குப் பொறிகளால் கவரப்பட்டு இருக்கலாம். இதனாலேயே ஒரு பொருளில் நடைபெறும் ஒளிமின் கடத்துமையில் எலெக்ட்ரானின் பங்கும், துளையின்பங்கும் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை. எனவே, ஒளிமின் கடத்துமை பற்றிய அறிவு, திண்மநிலை இயற்பியல் ஆய்வுக்குச் சிறந்த கருவியாக விளங்குகிறது.

ஒளிமின் கடத்துமையைப் பற்றிய அறிவு நுணுக்கமான செய்திகளின் தொடக்கமாக அமைகிறது, எடுத்துக்காட்டாகத் தாங்கிகளின் ஆயுட்காலம், தாங்கிகளின் இடப்பெயர்வு, குறைபாட்டு நிலையின் இடம், குறைபாட்டு மையம் ஆகியவற்றைப் பற்றி அறிய ஒளி மின்கடத்துமை உதவுகிறது.

எந்த ஓர் அரிதில் கடத்தி. அல்லது குறை கடத்தியின் மீது விழும்போதும் ஒளிமின் கடத்துமை நிகழ்கிறது. ஆனால் அனைத்துப் பொருள்களிலும் உண்டாகும் ஒளிமின் கடத்துமை ஒரே அளவாக இராது. எந்த ஒரு பொருளில் சிறப்பான குறைபாடுகள் உள்ள னவோ அவற்றில் ஒளியின் காரணமாக ஏற்படும் மின் கடத்துமை பெருமளவில் இருக்கும். வணிக முறையில் பல ஒளிமின் கடத்துமைக் கலன்கள் உள்ளன. இவை ஜெர்மானியம், காட்மியம், சல்ஃபைடு, கோட்மியம் செலுனைடு, ஈய சல்ஃபைடு ஆகிய பொருள்களால் ஆனவையாகும்.

ஒளிமின்கடத்துமை உணர்வி.



படம் 1.

1. இலக்கமிட்ட ஒளிப்பான் எலெக்ட்ரானைக் கடத்தும் பட்டைக்கு உயர்த்துகின்றது. 2. இலக்கமிட்ட ஒளிப்பான் எலெக்ட் ரானை இடைவெளியைத் தாண்டிச் செல்லச் செய்ய இயலவில்லை.

E_1 என்னும் ஆற்றல் அளவு கொண்ட ஓர் ஒளிப் பானின் ஆற்றல்,

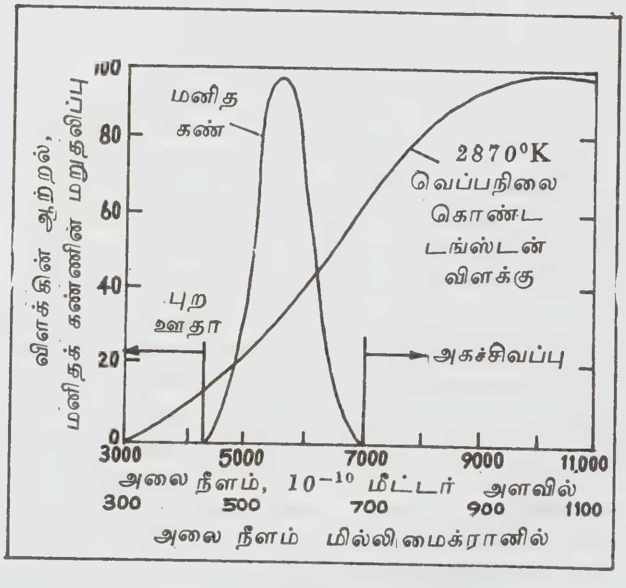
$$E_1 = hf_1$$

என்று குறிப்பிடலாம். h என்பது பிளாங்கின் மாறிலி f_1 என்பது ஒளிப்பானின் அதிர்வெண். இந்த ஒளிப் பானின் ஆற்றல் குறை கடத்தியின் கடத்தும் பட் டைக்கும் இணைதிறன் பட்டைக்கும் இடையே உள்ள ஆற்றல் இடைவெளியைவிட மிகுந்தால் இத்தகைய ஒளிப்பான் ஒரு குறை கடத்தியின் மீது விழும்போது, அதிலுள்ள எலெக்ட்ரானுக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்பட்டு அது கடத்தும் பட்டைக்கு உயர்த்தப்படுகின்றது. அதே சமயத்தில் இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு துளை உண்டாகிறது. இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்-துளை இணையொன்று உருவாகிறது. இந்தஎலெக்ட்ரானும், துளையும் மின்சாரத்தைக் கடத்தும் தாங்கி களாகப் பணி புரிகின்றன. இதன் காரணமாக அக் குறை கடத்தியின் மின் கடத்துமை மிகுதியாகிறது. இவ்வாறு ஏற்படும் மின் கடத்துமை, ஒளியின் அள வையும், அவ்வொளி விழும் பரப்பையும் பொறுத்து மாறுகிறது. இத்தகைய குறை கடத்திகளின் மின் தடை, ஒளியின் காரணமாக மாறுபடுவதால் ஒளி மின் கடத்துமைக் கலன்கள் ஒளிமின்தடை (photo resistor) எனப்படுகின்றன. இவ்வகை அமைப்புகள் ஒளிமின் கடத்துமை உணர்விகள் (photo conductive sensors) எனப்படும்.

நிறமாலை மறுதலிப்பு. ஒளிமின் கடத்துமைப் பண்பு கொண்ட குறை கடத்திகளின் மின் கடத்துமை அவற்றின் மீது விழும் ஒளியின் அலைநீளத்தைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட ஒளிமின் கடத்தும் கலன் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்குப்பெருமஅளவு மின் கடத்துமையைக் காட்டும். பிற அலைநீளங்களுக்குச் சிறும அளவு மின்கடத்து மையைக் காட்டும். இப் பண்பு நிறமாலை மறு தலிப்பு (spectral response) எனப்படும்.

நிறமாலை மறுதலிப்பு என்னும் பண்பு ஒளிமின் கடத்தும் மின் கலன்களின் அடிப்படைப் பொருளைப் பொறுத்ததாகும். மேலும் அவ்வடிப் படைப் பொருள் களில் ஊட்டப் பட்ட கலப்புகளின் அளவையும், மின் கலன்கள் உருவாக்கப்பட்ட முறையையும் பொறுத்து நிறமாலை மறுதலிப்பு அமையும்.

படம் 1 இல் காட்டியுள்ளபடி $E_2 = hf_2$ போன்ற குறை ஆற்றல் கொண்ட ஒளிப்பான்கள் எலெக்ட் ரான்களை இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்தும் பட்டைக்கு உயர்த்த முடிவதில்லை. இத்தகைய ஒளிப்பான்களால் மின்கடத்துமை மிகுவதில்லை.



படம் 2.

அவ்வொளிப்பான்களின் அலை நீளம் எதுவாக இருந்தாலும் அவற்றின் ஆற்றல் தாழ்ந்த அளவிற்குக் குறைவாக இருக்கும்போது இந்நிலை உருவாகிறது.

ஒளிமின் கடத்துமை மின்கலன்கள் கட்புலன் மற்றும் அகச்சிவப்பு அலைநீளம் கொண்ட ஒளிப்பான்களின் ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி 'மின்கடத்துமையை மிகுவிக்கிறது. மனிதக்கண் 0. 55 மைக்ரான் அலை நீளங்கொண்ட (1 மைக்ரான் = 10^{-6} மீட்டர்) ஒளிக்கு உயர் மறுதலிப்பையும், 0.61 மைக்ரான் அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்கு 50% (அதிக மட்ட அளவில் 50%) மறுதலிப்பையும் காட்டுகிறது

ஒளிமின்கடத்துமை மின்கலன் சாதனங்கள் ஆகியவை ஒளிரும் டங்ஸ்டன் விளக்கைக் கொண்டு இயக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய டங்ஸ்டன் விளக்கு மறுதலிப்புப் பண்பைக் காட்டுகிறது. அதே படம் மனிதக் கண்ணின் மறுதலிப்புப் பண்பையும் காட்டுகிறது. டங்ஸ்டன் விளக்கானது 2870 K என்ற வெப்ப நிலையில் ஒளிரும்போது பண்பு மாறுதலைக் காட்டும் கோடு ஓர் உயர் நிலையைக் காட்டுகிறது. விளக்கின் வெப்பநிலை குறையும் போது இந்த உயர்நிலை வலப்புறமாக நகர்கிறது. அந்நிலையில் விளக்கிலிருந்து வரும் கட்புலன் ஒளியின் அளவு மிகவும் குறைவாகவே இருக்கும். இத்தகைய விளக்குகளைப் பயன்படுத்தி, ஒளிமின் கடத்தும் கலன்கள் எந்த அலைநீளத்தில் மிகு திறமையுடன் வேலை செய்கின்றன என்பதையும், அதன் மூலம் அவற்றின் நிறமாலை மறுதலிப்பையும் அறிந்து கொள்ளலாம்.

மறுதலிப்பு வேகம். ஓர் ஒளிமின் கடத்துமைப் பண்பு கொண்ட பொருள் அல்லது மின்கலத்தின் மீது ஒளி விழும்போது அது எவ்வளவு விரைவாக அல்லது மெதுவாக வேலை செய்கிறது என்பதைக் குறிப்பது மறுதலிப்பு வேகம் எனப்படும்.

ஒளி தன்மீது பட்டவுடன் விரைவாகத் தன்னுடைய மின்தடையைக் குறைத்தும், ஒளி நின்றவுடன் மின்தடையை விரைவாக மிகுவித்தும் கொள்ளும் பண்புடைய பொருள்கள் மிகு மறுதலிப்பு வேகம் கொண்டவை எனப்படும். பொதுவாகப் பருத்த வகை ஒளிமின் கடத்தும் கலன்கள் குறைந்த மறுதலிப்பு வேகம் கொண்டவையாகும். ஈய சல்ஃபைடு மின்கலன்களின் மறுதலிப்பு வேகம் அதிகமாகவும், காட்மியம் சல்ஃபைடு மின்கலன்களின் மறுதலிப்பு வேகம் மிகக் குறைவாகவும் உள்ளன. இதன் காரணமாகக் கேட்மியம் சல்ஃபைடு மின்கலன்களின் அதிர்வு எண் மறுதலிப்பு (frequency response) 100 - 5000 சுற்றுகள்/நொடி என்ற அளவில்தான் இருக்கும்.

இத்தகைய பருத்த ஒளிமின் கடத்தும் கலன்கள் அதிக அளவு மின்னழுத்தத்தைத் தாங்கக் கூடியவை. இதன் காரணமாக இவை சில குறிப்பிட்ட வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளிமின் கடத்தும் கருவி. ஒளிமின் கடத்துமையைப் பயன்படுத்திப் பல்வேறு கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் PN ஒளி டையோடு PIN ஒளி டையோடு, சரிவு ஒளி டையோடு (avalanche photodiode), NPN ஒளி டிரான்சிஸ்டர் போன்றவை குறிப்பிடத்தக்கனவாகும்.

PN ஒளி டையோடு. சிலிக்கான் ஜெர்மேனியம் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி ஒளிமின்கடத்தும் கலன்களை உருவாக்கலாம். ஆனால் PN சந்திப்பு டையோடுகள் எதிர்சார்பழுத்த (reversed bias) நிலையில் அமைத்து அதன் மின் உணர்திறனை அதிகரிக்க முடியும். ஒளிக் கதிர் வீச்சின் மூலம் நடக்கும் மின் கட்டுப்பாடு, மின்னோட்டம் முன்பு விவரித்தது போன்றே நடைபெறும். காண்க. ஒளிமின் கடத்துமை)

இத்தகைய PN சந்திப்பு டையோடுகளின் வேலை செய்யும் பகுதியின் விட்டம் 0.1 அங்குலம் மட்டுமே கொண்டதாக இருக்கும். அவை 10 இலட்சம் சுற்றுகள்/நொடி அதிர்வெண்கள் வரை வேலை செய்யும் திறன் கொண்டவையாகும். இவற்றைப் பயன்படுத்தும் மின்சுற்றுகள் ஒளி டிரான்சிஸ்ட்டரைப் பயன்படுத்தும் மின்சுற்றுகளை ஒத்துள்ளன.

PIN ஒளிடையோடு. PIN ஒளி டையோடுகளைப் பயன்படுத்தி, PN டையோடுகளை விட வேகமான மறுதலிப்புப் பெற இயலும். PIN ஒளி டையோடுகள் P வகைச் சிலிக்கானுக்கும் N வகைச் சிலிக்கானுக்கும் இடையில் உள்ளார்ந்த சிலிக்கான்களை ஊட்டிச் (doping intrinsic silicon) செய்யப்படுகின்றன. இதன் மூலம் எலெக்ட்ரான் துளை இணைகளின் விரவுதல் வேகம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. ஒளியின் காரணமாக இவற்றில் உண்டாகும் மின் அளவு சாதாரண PN ஒளி டையோடில் ஏற்படும் மின் அளவை விடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும். ஆனால் இவற்றின் மறுதலிப்பு வேகம் மிக அதிகமாக உள்ளது. லேசர் (ஒளித்) துடிப்பு (laser pulse) கட்புலன் மற்றும் அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறிய இவை மிகவும் பயன்படுகின்றன.

சரிவு (விளைவு) ஒளி டையோடு. ஓர் ஒளி டையோடை எதிர் முறிவு (reverse break down) அல்லது சரிவு முறிவு (avalanche break down) நிலையில் இயங்கச் செய்து அதன் பின் உணர்திறனை முப்பதிலிருந்து நூறுமடங்கு வரை அதிகரிக்கலாம். சரிவு ஒளிடையோடில் உள்ள PN சந்திப்பு ஒரே சீராக இருக்கும். இவ்வகை டையோடுகள் 30V க்கும் 200V க்கும் இடைப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் சரிவு விளைவைக்காட்டுகின்றன. இதன் இருள் மின்சாரம் 10 மைக்ரோ ஆம்பியர்வரை இருக்கும். இதில் ஒளி மின்

சாரம்0.5 1மில்லிஆம்பியர் வரை கிடைக்கிறது. இவ்வகை டையோடுகள் 20000 இலட்சம் சுற்றுகள்/நொடிஅதிர்வெண்வரையிலும் வேலை செய்யும் திறன் கொண்டவை இத்தகைய டையோடுகளின் விலை அதிகம் என்பதே ஒரு குறையாகும்.

NPN ஒளி டிரான்சிஸ்டர். உண்மையில் எந்த ஒரு சாதாரண டிரான்ஸிஸ்டரும் ஒளியின் காரணமாகப் பாதிக்கப்படுவது உண்டு. இதன் காரணமாகவே மற்ற கருவிகளில் பயன்படும் டிரான்சிஸ்டர்கள் ஒளி படாவண்ணம் அமைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் NPN ஒளி டிரான்சிஸ்டர்களில் ஒளி அதிக அளவில் ஏற்புவாய்-அடிவாய்ச் சந்திப்பின் மீது ஒளியைக் குவிக்கும் வண்ணம் குவி வில்லைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன ஒளி விழும்போது இந்தச் சந்திப்பில் உண்டாகும் மின்சாரம், ஏற்புவாய் மின்சாரத்தைப் பெருக்குகிறது

இத்தகைய NPN டிரான்சிஸ்டர் குவி வில்லைகளுடன் 0.2 அங்குல விட்டமும், 0,2அங்குல நீளமும் கொண்டதாக இருக்கும். இதன் இருள் மின்சாரம் 10 நானோ ஆம்பியர் ($10nA = 10 \times 10^{-9}A$) இருக்கும். ஏற்புவாய் மின்சாரம் 25 மில்லி ஆம்பியர் என்ற அளவாக இருக்கும். இது அதிக அளவு உணர்திறன் தேவைப்படும் கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

-நா. தங்கவேல்

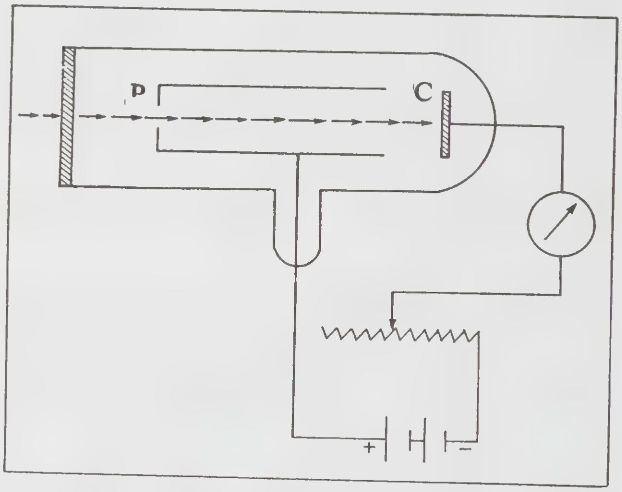
நூலோதி. Allen Mottershed, *Electronic devices and Circuits*, Prentice Hall of India, New Delhi .1982 John D.Ryder, *Engineering Electronics*, Mc Graw-Hill Book Co 1969; S.M. Sze, *Physics of Semi conductor devices*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1983.

ஒளிமின் விளைவு

மிகக்குறைந்த அலை நீளமுள்ள கதிர்கள் உலோகப் பரப்புகளின் மேல் விழும்போது அவற்றிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதை 1887இல் ஹெர்ட்ஸ் என்பார் கண்டு பிடித்தார். ஒரு மின்பொறி இடைவெளியிலுள்ள காற்றின் மேல் புறஊதாக் கதிர்களை வீசினால் அதன் மின் கடத்து திறன் உயர்வதையும் அவர் கண்டார்.

1888 இல் ஹால்வாக்ஸ் என்பார் பின்வரும் உண்மைகளைக் கண்டுபிடித்தார். மின் நடு நிலையான ஒரு துத்தநாகத் தகட்டின் மேல் புற ஊதாக் கதிர்களைப் பாய்ச்சினால் அத்தகடு நேர் மின்னுள்ளதாகி விடுகிறது. எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற துத்தநாகத் தகட்டின் மேல் புறஊதாக் கதிர்களை வீசினால் அதிலுள்ள எதிர் மின் அளவு விரைந்து குறைகிறது. நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற துததநாகத் தகட்டின் மேல் புற ஊதாக் கதிர்களை வீசினால், அதிலுள்ள நேர் மின் அளவு மிகுதியாகிறது.

எனவே புற ஊதாக் கதிர்களை வீசுவதன் மூலம் ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து எதிர் மின் துகள்களை மட்டுமே வெளியேற்ற முடியும் என ஹால்வாக்ஸ் முடிவு செய்தார். 1898 இல் தாம்சன் உலோகங்களிலிருந்து புற ஊதாக் கதிர்களால் வெளியேற்றப்பட்ட துகள்களின் e/m மதிப்பு எதிர்மின் முனைக் கதிர்களின் e/m மதிப்புக்குச் சமமாக இருப்பதைக் கண்டு பிடித்தார். 1916 இல் ஐன்ஸ்டீன் வெவ்வேறு அலை நீளமுள்ள கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளிக்கதிர்களை சோடியம், பொட்டாசியம், சீசியம், ருபீடியம், லித்தியம் ஆகிய உலோகங்களின் மேல் செலுத்தி அவற்றிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிபடுவதைக் கண்டுபிடித்தார். இந்த எலெக்ட்ரான்கள் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் (photoelectrons) என்றும் இந்த நிகழ்வு ஒளி மின்னியல் விளைவு (photoelectric effect) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.



ஒளிமின் விளைவு சோதனை அமைப்பு

ஒளி மின்னியல் விளைவைப் படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்ற கருவியமைப்பால் ஆராயலாம். ஒரு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாயில் ஓர் ஒளிமின் விளைவு காட்டும் தகடு **P** வைக்கப் பட்டுள்ளது. பொதுவாக அது ஒரு மெருகேற்றப் பட்ட துத்தநாகத் தகடாக இருக்கும். கண்ணாடிக் குழாயுள் ஓர் உள்ளீடற்ற குழாய் **C** உள்ளது. அதிலுள்ள சிறிய துளை வழியாக ஒளி **P**-தகட்டின் மேல் விழுகிறது. கண்ணாடிக் குழாயின் மறுமுனையில் உள்ள ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகத்தாலான சாளரத்தின் வழியாக ஒளி உள்ளே செலுத்தப்படுகிறது.

P-தகடு ஒரு மின்கல அடுக்கின் எதிர் மின்முனை யுடனும் C குழாய் அதன் நேர் மின்முனையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுக்கிடையில் ஒரு கால்வனாமீட்டர் உள்ளது. பாதரச வில் விளக்குப் போன்ற ஏதாவது ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி P-தகட்டின் மேல் விழும்போது அதிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. அவற்றை நேர்மின்னுள்ள C உருளை கவர்ந்து இழுக்கிறது. இதனால் மின் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் தோன்றும்; அதைக் கால்வனா மீட்டரால் அளக்கலாம். இந்த ஆய்வில் பல அதிர்வெண்கள் கொண்ட ஒளியால் உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்டங்களைக் கண்டு பிடிக்கலாம். அதன் மூலம் பின் வரும் முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகப் பரப்பிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்த ஒளிக்கு ஒரு சிறும அளவுக்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண் இருக்க வேண்டும். அதைவிடக் குறைந்த அதிர்வெண்ணுள்ள ஒளிகளால் உலோகப் பரப்பிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்த முடியாது.

உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை படுகதிரின் செறிவைப் பொறுத்தது. எனவே ஒளி மின்னோட்டத்தின் வலிவும் படுகதிரின் செறிவைப் பொறுத்தே அமைகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகப் பரப்பிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றக்கூடிய ஒளியின் சிறும அதிர்வெண் மாறு நிலை அதிர்வெண் (critical frequency) அல்லது செயல் தொடக்க அதிர்வெண் (threshold frequency) எனப்படும். அதைவிட மிகுந்த அதிர்வெண் கொண்ட ஒளி உலோகப் பரப்புகளிலிருந்து பல வகையான திசைவேகங்களைக் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்துகிறது. அவற்றின் பெருமத் திசைவேகம் படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்திருக்கிறதேயன்றிப் படுகதிரின் செறிவை அன்று. செயல் தொடக்க அதிர்வெண்ணைவிடக் குறைவான அதிர்வெண் கொண்ட படுகதிர் எவ்வளவு செறிவுள்ளதாயிருந்தாலும், எவ்வளவு நேரத்துக்குச் செலுத்தப்பட்டாலும் அதனால் உலோகப் பரப்பிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்த முடியாது.

வெளிப்படுத்தப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல், படுகதிரின் அதிர்வெண்ணுடன் நேர்போக்கில் உயர்கிறது. அது படுகதிரின் செறிவைப் பொறுத்திருக்கவில்லை.

மேற்காணும் உண்மைகளை ஒளியின் அலைப் பண்புக் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க முடியவில்லை. 1905 இல் ஐன்ஸ்டீன் பிளாங்கின் ஒளிக் குவாண்டக் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒளி மின்விளைவை விளக்கினார். குவாண்ட்டம் கொள்கையின்படி ஒளி போன்ற மின்காந்த அலைகள் ஃபோட்டான்கள் எனப்படும்குவாண்ட்டங்களால் ஆனவை. ஒரு ஃபோட்டானின் ஆற்றல் $h\nu$, இதில் h என்பது பிளாங்கின் மாறிலி ν என்பது ஒளியின் அதிர்வெண் ஒரு ஃபோட்டான் உலோகத்திலுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானுடன் மோதும்போது, அது அந்த எலெக்ட்ரானுக்கு ஆற்றலைத் தரக்கூடும்.

ν என்னும் அதிர்வெண்ணுள்ள போட்டான் ஓர் உலோகப் பரப்பின்மேல் படும்போது $h\nu$ என்ற ஆற்றலை ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு அளிக்கிறது. அந்த ஆற்றல் எலெக்ட்ரானை உலோகத்திலிருந்து வெளியேற்றப் போதுமானதாக இல்லாவிட்டால் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளி வாரா. எலெக்ட்ரானை உலோகத்திலிருந்து வெளியேற்றத் தேவையான சிறும ஆற்றல் $h\nu$ ஆகும். இதில் ν_0 என்பது செயல் தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும். இது உலோகத்தின் தன்மையைப் பொறுத்தது. படுகதிரின் அதிர்வெண் ν செயல் தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 க்குச் சமமாக இருக்கும்போது, எலெக்ட்ரான் இயக்க ஆற்றல் எதுவுமில்லாமல் வெளியில் மட்டும் தள்ளப்படுகிறது. படுகதிரின் அதிர்வெண் ν_0 ஐவிட மிகும் போது $h\nu - h\nu_0$ என்னும் ஆற்றல் அளவு எலெக்ட்ரானுக்கு இயக்க ஆற்றலை அளிக்கிறது. எலெக்ட்ரானின் நிறை m, திசைவேகம் v எனில் $h\nu - h\nu_0 = \frac{1}{2}mv^2$. இது ஐன்ஸ்டீனின் ஒளி மின் விளைவுச் சமன்பாடு எனப்படும். 1916 இல் மில்லிகன் இச்சமன்பாட்டை ஆய்வு மூலம் மெய்ப்பித்தார். ஒளி மின் விளைவு நீர்மங்களிலும் வளிமங்களிலும் அறியப்பட்டுள்ளது. எக்ஸ் கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள் ஆகியவற்றின் செயலால் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்கும் ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாடு பொருத்தமாக உள்ளது.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி:- Brijlal & Subramanyam. N, A Text Book of Electricity and Magnetism, Ratan Prakashan Mandir, Delhi, 1983.

ஒளி மின்னழுத்த விளைவு

சிலிகான் போன்ற ஒரு படித்தான தன்மையில்லாத குறை கடத்தியில் ஒளி அல்லது வேறு மின்காந்தக் கதிர் பட்டு உட்கவரப்படும்போது ஒரு மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. இதற்கு ஒளி மின்னழுத்த விளைவு (photovoltaic effect) என்று பெயர். சூரிய மின் கலங்கள், ஒளி அளவிகள் போன்ற கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படும் ஒளி மின்னழுத்தக் கலங்களிலும் (photo voltaic cells) இவ்விளைவு ஏற்படுகிறது. ஓர் ஒளி மின்னழுத்தக் கலத்தில் இரண்டு வெவ்வேறு வகையான குறை கடத்திகளுக்கு இடையில் ஒரு np சந்தி உள்ளது. அக்குறை கடத்திகளில் ஒன்று n - வகைப் பொருளால் ஆனது. அதில் மின்கடத்தல்

எலெக்ட்ரான்களால் ஏற்படும். ஏனையது p - வகைப் பொருளாலானது. அதில் மின்கடத்தல் நேர்மின் துளைகளால் நிகழும். இத்தகைய ஒரு சந்திக்கு அருகில் ஒளி உட்கவரப்படும்போது புதிய இயக்கமுள்ள எலெக்ட்ரான்களும், துளைகளும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஓர் ஒளி மின்னழுத்தக்கலத்தில் இரண்டு குறை கடத்தி வகைப் பொருள்களின் சந்தியைச் சுற்றியுள்ள பகுதியில் ஒரு மின்புலம் தோன்றுகிறது. எலெக்ட்ரான்களும், துளைகளும் இம்மின்புலத்தில் இயங்குகின்றன. இதனால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் வெளிச்சுற்றில் பாய்ச்சப்படுகிறது. மின்கலம் இல்லாமலேயே இச்சுற்றில் மின்னோட்டம் தோன்றுகிறது. இக்கருவிகள் விண்வெளிக்கலங்களில் சூரிய ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றப் பயன்படுகின்றன.

கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி:- Paladin, How Things work, Granada Publishing, England, 1978.

ஒளி மின்னியல்

திண்மம், நீர்மம் அல்லது வளிமத்தின் மேல் படும் மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு மின்னூட்டங்களை விடுவிப்பது ஒளிமின்னியல் (photoelectricity) எனப்படும். அந்த மின்னூட்டங்களை ஒரு மின்புலத்தில் கண்டுணர முடியும். இச்செயல்முறையில் உறுதியான குவாண்ட்டம் தன்மை உள்ளது.

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் இவ் விளைவுக்கான விளக்கத்தை முதன்முதலாக அளித்தார். அவர் மின்காந்தக் கதிர்வீச்சின் குவாண்ட்டம் தன்மையின் அடிப்படையில் தம் விளக்கத்தை உருவாக்கினார். மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு ஃபோட்டான் துகள்களால் ஆனது. ஒவ்வொரு போட்டானும் $h\nu$ என்னும் தனிச்சிறப்புமிக்க ஆற்றல் கொண்டது. இதில் h என்பது பிளாங்கின் மாறிலி. ν என்பது கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண். $E=h\nu-\phi$ என்னும் ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாட்டுக்குக் கீழ்ப்படியும் வகையில் பொருள்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இதில் E என்பது வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல். ϕ என்பது எலெக்ட்ரான்களின் பிணைப்பு ஆற்றல்.

தொடக்ககால ஒளி மின்னியல் ஆய்வுகளில் உலோகப் பரப்புகளிலிருந்து ஒளியால் வெளியேற்றப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் வெற்றிடத்துக்குள் செலுத்தப்பட்டன அல்லது வளிமங்களில் ஒளி மூலமான அயனியாக்கத்தின் காரணமாக எலெக்ட்ரான்களும் நேர் மின் அயனிகளும் விடுவிக்கப்பட்டன. இத்தகைய நிகழ்வுகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் சில எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவிலேயே இருந்தது. இத்தகைய ஆய்வுகள் கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளி அல்லது புற ஊதாக்கதிர்களைக் கொண்டே நிகழ்த்தப்பட்டன. சாதாரண ஒளிமிகைப்பிக் குழாய்களில் இந் நிகழ்வு பயன்படுகிறது.

ஒரு திண்மத்திற்குள் எலெக்ட்ரானையும், நேர்மின் துளைகளையும் விடுவிப்பதில் மின் காந்தக் கதிர்வீச்சுகள் தம் குவாண்ட்டம் தன்மையைவெளிக்காட்டிக் கொள்கின்றன. இவற்றின் மூலம் ஒளி மின் கடத்தல் (photoconductivity) ஒளி மின்னழுத்தம் (photovoltaic effect) ஆகிய விளைவுகள் தோன்றுகின்றன. குறை கடத்திகள் எனப்படும் பொருள்களில் இவ் விளைவுகளை எளிதாகக் காணலாம். குறை கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள், நேர்மின் துளைகள் ஆகியவற்றுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் சில மில்லி எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவுக்கும் குறைவாயிருக்கக்கூடும். எனவே இத்தகைய விளைவுகளைக் கட்புலன் ஒளியும், கீழ்ச்சிவப்பு, தொலைக் கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களும்கூட உண்டாக்க முடியும். இவ் விளைவுகளின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்ட கருவிகள் வெப்பக் கதிர் வீச்சு உருத்தோற்றங்களை உருவாக்குதல், சூரிய ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுதல், பாதுகாப்புக் கண்காணிப்பு, தகவல் காட்டிகள், உற்பத்திக் கண்காணிப்புப் போன்ற பல பணிகளில் பயன்பட்டு வருகின்றன.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி:- J. B. Rajam, *Atomic Physics*, Chand and Company, New Delhi, 1985.

ஒளி மீட்சியல்

ஒளியைப் புகவிடும் சமச்சீரான (isotropic) மின் கடத்தா இடைப்பொருள்கள் (dielectrics) ஊடே ஒளியைச் செலுத்தி அதே சமயத்தில் அப்பொருள்கள் மீது தகைவைச் (stress) செலுத்தினால் சில ஒளியியல் தன்மைகள் மாறுபடுகின்றன. இவ்விளைவு ஒளி மீட்சியியல் (photoelasticity) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு பழுதில்லாத கண்ணாடித்துண்டை எடுத்துக்கொண்டு அதன் நீளம், அகலம் அல்லது உயரத்திற்கு இணையாக அழுத்தினாலோ, முறுக்கினாலோ அது வலிந்த இரட்டை ஒளிவிலக்க விளைவை (forced double refraction) ஏற்படுத்தும்.

ஒரு கண்ணாடித்துண்டை நிக்கல் பட்டகங்களிடையே வைத்து முனைவுடை ஒளியை (polarised light) உட்செலுத்தி ஆய்ந்தால் பார்வை மண்டலம் இருண்டு தோன்றும். இக்கண்ணாடித் துண்டின் மீது தகைவைச் செலுத்தி ஆய்ந்தால் பார்வை

மண்டலத்தில் பல நிறமுள்ள ஒளிப்பட்டைகள் தோன்றுகின்றன. கண்ணாடியின் அமைப்பையும், அதன்மீது செலுத்தப்படும் தகைவையும் ஆராய 1893இல் மார்ஸ்ட்டன் என்பார் இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தினார். வட்டமுனைவாக்கம் பெற்ற ஒளியைப் பயன்படுத்தும் ஒரு கருவியைக் காக்கர் என்பார் 1913இல் நிறுவினார். யூவல் என்பார் மின் கடவா இடைப்பொருள்களான உருளையை முறுக்கினால் அவ்வுருளை முனைவு கொண்ட ஒளியின் தளத்தைச் சுழற்றுகின்றது என்றும், இச்சுழற்சி முறுக்கிற்கு எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறதென்றும் விளக்கினார்.

- கொ. சு. மகாதேவன்

ஒளிமீன் (சுவாதி)

இரவு நேரத்தில் வானில் ஒளிரும் விண்மீன்களில் நான்காம் விண்மீன், சுவாதி விண்மீன் எனப்படும் ஒளிமீன் (arcturus) ஆகும். இது வட விண்மீன் குழுவான (constellation) ஆயன் விண்மீன்குழுவில் (bootes) உள்ளது. பெருங்கரடி மண்டலத்தின் (Ursa-Major) நீண்ட வால்பகுதியான நேர்கோட்டில் இவ் விண்மீன் அமைந்துள்ளது. கரடிக்காப்பாளன் (bear guard) என்று பொருள்படும்படியான கிரேக்கச் சொல்லிலிருந்து இதன் பெயர் உருவாக்கப்பட்டது.

ஒளிமீனின் பொலிவுப் பரிமாணம் (magnitude) 0-06 ஆகும். ஆரஞ்சு வண்ண நிறமுடைய இது K-வகை நிறமாலையைச் சார்ந்ததாகும்; மூன்றாம் வகை ஒளிர்தன்மை (luminocity classIII) உடையதாகும். இதன் விட்டம் சூரியனின் விட்டத்தைப் போல் 23 மடங்கு பெரியதாக இருப்பதாலும் புவிக்கு அருகில், அதாவது தோராயமாக 38 ஒளியாண்டுத் தொலைவில் இருப்பதாலும் இவ்விண்மீன் மிகவும் வெளிச்சமாகத் தெரிகின்றது. சூரியனை விடச் சற்றுக் குளிர்ச்சியான இவ்விண்மீனின் புறப் பரப்பின் வெப்பநிலை 4300K ஆகும்.

- பெ. வடிவேல்

ஒளி முறைத் தாழ்த்தல்

பசுந்தாவரங்கள் வளிமண்டலத்திலுள்ள கார்பன் டைஆக்சைடை இலைத் துளைகளின் வழியாகவும், நீரை வேர்களின் மூலமும் பெற்று, இலையிலுள்ள பச்சையத்தைக்கொண்டு ஒளியின் உதவியால் கார்போஹைட்ரேட்டுகளைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. இவ்வாறு சிறுமூலக்கூறுகளைச் சூரிய ஆற்றல் கொண்டு இணைத்துப் பெரு மூலக்கூறுகளைப் பெறுவதே ஒளிச்சேர்க்கை எனப்படுகிறது. அதாவது சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றுவதாகும். பசுந்தாவரங்கள் சூரிய ஒளியை ஈர்க்கும்போது, பசுங் கணிகங்களிலுள்ள (chloroplast) பச்சையங்களின் எலெக்ட்ரான்கள் தூண்டப்படுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்களால் செல்களில் ATP (adinosine triphosplate) மற்றும் NADPH (Nictotinamide Adenine Dinudeotide phosphate) எனப்படும் செரிக்கும் ஆற்றல்கள் (assimilatory powers) தோன்றுகின்றன. பச்சையத்திற்குத் தேவையான எலெக்ட்ரான்கள் நீரின் பகுப்பால் கிடைக்கின்றன. இச்செயலின்போது ஆக்சிஜன் வெளிப்படுகிறது.

$$4H_2O \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^- + 4H^+$$

இச்செயலை ஒளிச்செயல் என்பர். இதற்கு ஹில் செயல் என்னும் பெயரும் உண்டு. இதற்குச் சூரிய ஒளி தேவைப்படுவதால் இது ஒளி வேதியியல் செயல் (photo chemical action) ஆகும்.

ஒளிச்செயல் (light reaction) பசுங்கணிகத்திலுள்ள கிரானா பகுதியில் நடைபெறுகிறது. இந்தக் கிரானா (Grana) என்னும் சவ்வுப் படலத்தில் பல பச்சைய மூலக்கூறுகளும், துணை நிறமிகளும் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் பாகுபாடு, அவை ஈர்க்கக் கூடிய அலைவரிசை ஒளியைப் பொறுத்ததாகும். பொதுவாக உயர் தாவரங்களில் இந்த ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகளை இரு பிரிவாகப் பிரித்துள்ளனர். அவை ஒளித் தொகுப்பு I மற்றும் ஒளித்தொகுப்பு II என்பனவாகும். ஒவ்வொரு தொகுப்பிலும் ஒரு பச்சைய மூலக்கூறும் வேறு பல துணை நிறமிகளுமுண்டு. பச்சைய மூலக்கூறு, ஒளிச்செயல் மையம் (photo reaction centre) எனப்படும். ஒளித் தொகுப்பு IIக்கு (photo system II) ஒளி மையம் நி 700 (நிறமி 700) ஆகும். அதாவது 700 நா.மீ. அலைவரிசை ஒளிக் கற்றையை ஈர்க்கவல்லவை. ஒளித் தொகுப்பு IIக்கு ஒளிமையம் நி 680 ஆகும். இதைப் பச்சையம் (chlorophyll) என்று கண்டறிந்துள்ளனர்.

ஒவ்வோர் ஒளித் தொகுப்பிலும் காணப்படும் துணை நிறமிகள் அவற்றின் ஆற்றலுக்கு ஏற்ப ஒளிக் கற்றைகளை ஈர்த்து அந்த ஆற்றலை ஒளி மையத்திற்குக் கடத்தும். இதன் தூண்டுதலால் ஒளி மையத்திலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றப்படுகிறது. தாழ் நிலையிலுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானைத் தூண்டத் தேவையான ஆற்றல் ஒரு ஃபோட்டான் ஆகும். இதனால் எலெக்ட்ரான், ஆற்றல் வாய்ந்த மூன்றாம் நிலையை (triplet state) அடைகிறது. இந் நிலையில் பச்சைய மூலக்கூறு ஓர் எலெக்ட்ரானை இழப்பதால் அது ஆக்சிஜனேற்ற நிலையை அடைகிறது. அது மீண்டும் தாழ் நிலையை அடைய ஓர்

எலெக்ட்ரான் தேவையாகும். இதற்குத் தேவையான எலெக்ட்ரானை நீர் கொடுத்துதவுகிறது. நீரை ஹைட்ரஜன் அயனியாகவும், ஹைட்ராக்சில் அயனியாகவும் பிரித்தலுக்கு நீராற்பகுத்தல் என்று பெயர். இதற்குத் தேவையான ஆற்றல் சூரிய ஒளியிலிருந்து கிடைப்பதால் இது ஒளி நீர் பகுத்தல் (photolysis) என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. நீராற் பகுத்தலுக்கு நொதிகள் தேவை என்றும் கூறுவர். இந்நீர்ப்பகுப்பிற்கு மக்னீசிய அயனிகளும், குளோரைட் அயனிகளும் தேவை. ஒளிநீராற் பகுத்தல் செயலை ஹில் (Hill) என்பார் கண்டறிந்தார்.

தூண்டப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களின் பாதை சிறப்பு வாய்ந்ததாகும். ஆற்றல் மிக்க எலெக்ட்ரான்கள் மூன்றாம் நிலையிலிருந்து தாழ்நிலைக்கு வர முயலும்போது அவற்றிலிருந்து ஆற்றல் வெளிப்படும். பசுங்கணிகங்களில் பல எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பான்கள் (acceptors) காணப்படுகின்றன. அவை ஈர்த்த ஆற்றலைக் கொண்டு ஆற்றல்மிக்க பாஸ்பேட் மூலக்கூறைத் தோற்றுவிக்கும். இம்மூலக்கூறே ATPஆகும். இதற்குத் தேவையான மூலப்பொருள்கள் ATP, பாஸ்ஃபரஸ் அயனி, ஆற்றல் ஆகியன. இச்செயலுக்கு பாஸ்ஃபோ ஏற்றம் (photophosphorylation) என்று பெயர். இந்த ATP க்குத் தேவையான ஆற்றல் சூரிய ஒளியிலிருந்து வருவதால் இதை ஒளி பாஸ்ஃபோ ஏற்றம் (photo phosphorylation) என்பர். ஆற்றலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் பாதையைப் பொறுத்துச் சுழல் பாஸ்ஃபோ ஏற்றம் (cyclic phosphorylation) என்றும், சுழற்சியற்ற பாஸ்ஃபோ ஏற்றம் (non cyclic phosphorylation) என்றும் வேறுபடுத்தியுள்ளனர்.

சுழற்சியற்ற பாஸ்ஃபோ ஏற்றத்தில் நி 680நி 700 ஆகிய இரண்டும் பங்குகொள்கின்றன. நீரின் பாகுபட்டால் வெளியான எலெக்ட்ரான் ஒளித்தொகுப்பு II (PSII) மற்றும் ஒளித்தொகுப்பு I (PSI) மூலமாக (NADP) என்னும் மூலக்கூறை அடையும். அதே நேரத்தில் நீரிலிருந்து பிரிந்த ஹைட்ரஜன் அயனியும் NADP ஐ அடையும். இதனால் NADP குறைக்கப்படுகிறது.

$$NADP + H^{+} + e^{-} \longrightarrow NAD$$

நீர் மூலக்கூறு பிரிவதால் வரும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் NADP ஐக் குறைக்கச் செய்கின்றன. இதுவே ஒளி முறைத் தாழ்த்தல் (photo reduction) எனப்படுகிறது.

- பா. அண்ணாதுரை

ஒளிமுன்னிலையசைவு

உயர் தாவரங்கள் ஓர் இடம் விட்டு இன்னோர் இடத்திற்குச் செல்வதில்லை. சில தாழ்நிலைத் தாவரங்களான பாசிகள், பூஞ்சைகள், இனப்பெருக்கச் செல்கள் ஆகியவை ஓர் இடம் விட்டு இன்னுமோர் இடத்திற்குச் செல்கின்றன. உயர் தாவரங்களில் வளைதல், இலை அசைவு, பூவிதழ் பிரிதல் முதலியவையே அசைவுகளாகக் கருதப்படுகின்றன.

அசைவுகள் பெரும்பாலும் சூழ்நிலையைப் பொறுத்து அமைகின்றன. அசைவுகளுக்குக் காரணமான பகுதி, தூண்டல் (stimulus) எனப்படும். இத் தூண்டலுக்கு ஏற்பத் தாவரங்கள் துலங்கல் செய்கின்றன. செல்களிலுள்ள புரோட்டோபிளாசம், தூண்டலை உணரச் செய்கின்றன. இவ்வாறு தூண்டலை உணரும் பகுதிக்கு உணர்பகுதி (organ of perception) என்று பெயர். இத்தூண்டலால் ஏற்படும் துலங்கல், உணர்பகுதிக்குச் சற்றுத் தொலைவில் ஏற்படுகிறது இப்பகுதி துலங்கல் பகுதி எனப்படும். தூண்டல், துலங்கல் பகுதியைச் சென்றடைய வேண்டுமெனில் அவ்விடத்திற்குத் தூண்டல் கடத்தப்பட வேண்டும். தூண்டல் துலங்கலைத் தோற்றுவிக்க வேண்டுமானால் குறிப்பிட்ட காலம் வேண்டும். அக்காலத்திற்கு அளிப்புக்காலம் (presentation time) எனப் பெயர்.

தூண்டல், உணர் பகுதியிலிருந்து துலங்கல் பகுதியை வந்தடையும் காலத்திற்குக் கடத்தற் காலம் (conduction time) எனப்பெயர். ஒரு தூண்டல் அளித்தபின் துலங்கல் ஏற்படும் வரையிலான இடைக் காலம் துலங்கல் காலம் எனப்படும். தூண்டியதும் ஒரு தாவரம் துலங்கல் புரிய வேண்டுமானால் அது திண்ம நிலையில் (tone)இருக்க வேண்டும். தொடர்ந்து தூண்டல்கள் நடைபெற்றால், நாளடைவில் தாவரங்கள் துலங்கல் புரியும் திறனை இழந்துவிடும்.

அசைவுகளை இடப்பெயர்ச்சி வளைவு இயக்கம் என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். இவற்றில் வெளித் தூண்டல் எதுவுமின்றி நடைபெறும் இயக்கத்திற்குத் தன்னிச்சை இயக்கம் (autonomic movement) என்று பெயர். வெளித்தூண்டல்களால் ஏற்படும் இயக்கம் தூண்டப்பட்ட இயக்கம் (paratonic movement) எனப்படும். வளைவு இயக்கங்கள் சில பகுதிகளின் குறிப்பிட்ட வளர்ச்சியால் ஏற்பட்டால் வளர்ச்சி இயக்கம் (growth movement) எனப்படும். செல்களில் ஏற்படும் அழுத்தம், விறைப்புகளால் ஏற்படும் இயக்கம் வேறுபாட்டு இயக்கம் (variation movement) எனப்படும். தூண்டப்பட்ட வளைவு இயக்கங்கள் சில, தூண்டலின் திசையில் தூண்டலை நோக்கியோ அதை எதிர்த்தோ ஏற்படும் இயக்கம் திசைச்சார்பு இயக்கம் (tropic movement) எனப்படும். வேறு சில இயக்கங்கள் தூண்டலின் திசையைச் சாராத இயக்கங்களைக் காட்டுகின்றன. இவை திசைச் சார்பிலா அல்லது முன்னிலை இயக்கங்கள் (nastic movements) எனப்படுகின்றன.

இவ்வகைத் திசைச்சார்பிலா அசைவு வெளித் தூண்டலினாலேயே நடைபெறுகிறது. ஆனால்

தூண்டலுக்கும் இயக்கத்திற்கும் திசைத் தொடர்பு எதுவும் இல்லை. காலையில் சூரிய ஒளியின் தூண்டுதலால் தாமரை மலர்கிறது. இரவில் மூடிக்கொள்கிறது. திசைச்சார்பிலா அசைவுகளால் இல்வாறு ஒளியின் முன்னிலையில் ஏற்படும் இவ்வசைவுகள் ஒளி முன்னிலை அசைவுகள் எனப்படும்.

இவ்வகை அசைவுகள் இரவு பகல் மாறுபாடுகளால் ஏற்படுபவை. லெகுமினேசி குடும்பத்தில் உள்ள தாவரங்களின் கூட்டிலைகளில் இவற்றைக் காணலாம். மாலை நேரத்தில் இவ்விலைகள் சுருங்கித் தொங்குகின்றன. மீண்டும் காலையில் அனைத்து இலைகளும் விரிகின்றன. இதற்குப் பல காரணங்கள், கூறப்படுகின்றன. பாண்ட்லில் என்பார் இவ்வகை இலைகளில் தொலைச்சிவப்பு (Farred) அலை வரிசைகளை ஈர்க்கும் ஃபைட்டோகுரோம் இருப்பதால் இந்நிகழ்ச்சியை ஒலி சார்ந்த நிகழ்ச்சி எனக் குறிப்பிடுகிறார்.

ஆய்வுக் கூடத்தில் இருட்டிலிருக்கும் தாவரத்தை நோக்கித் தொலைச் சிவப்புக் கதிர்களைச் செலுத்தும்போது ஒளி மாலையில் (spectrum) 700 நானோ மீட்டருக்கு மேல் சிற்றிலைகள் திறந்தவாறு காணப்படுகின்றன. அதே இருட்டில் தொலைச் சிவப்புக் கதிர்க்கற்றைகளைத் தொடர்ந்து செலுத்தும்போது சிற்றிலைகள் 30 நிமிடத்திற்குள் மூடிக்கொள்கின்றன. இவ்வகைத் திசைச் சார்பிலா அசைவுகள் எத்திலீன் வளிமம் சிறிய அளவில் இருப்பதால் ஏற்படுகின்றன என்று கூறியுள்ளனர். ஒளி முன்னிலையசைவிற்கு ஆக்சாலிஸைச் (Oxlis) சான்றாகக் கூறலாம். இத்தாவரத்தில் பூக்களும், இலைகளும் காலையில் திறந்தும், இருளில் மூடியும் காணப்படுகின்றன.

பல பூக்களில் பூ விரிவதும் மூடுவதும் ஒளி முன்னிலை அசைவால் ஏற்படுகின்றன. ஆக்சாலிடேசி (Oxalidacea) குடும்பத்திலும், காம்போசிட்டே (Compositae) குடும்பத்திலும், சில பூக்கள் பகலில் விரிந்தும் இரவில் மூடியும் கொள்கின்றன. இதற்கு எதிராகப் புகையிலை, ஈனோத்தீரா, கள்ளி இவற்றில் பூக்கள் இரவில் விரிந்து பகலில் மூடிக்கொள்கின்றன. மேற்கூறிய அனைத்து எடுத்துக்காட்டிலும் ஒளி, ஒரு தூண்டுகோலாக அமைந்த விறைப்பு அழுத்தத்தைத் (turgour pressure) தாவரத்தின் மேல் பகுதியிலோ கீழ்ப்பகுதியிலோ உள்ள பேரன்கைமா செல்களில் மாற்றி அமைப்பதால் அசைவு ஏற்படுகின்றது. இவ்வாறு ஒளியில் தூண்டப்பட்ட அசைவுகள் நீல ஒளிக்கற்றைகளால் ஏற்படுபவையாகும். ஜாபி, கால்ஸ்டன் ஆகியோர் ஒளியை மஞ்சள் நிறமிகள் ஈர்ப்பதாகவும், ஃபைட்டோகுரோமுக்கும் இதற்கும் தொடர்பில்லை என்றும் கருதுகின்றனர். இத்தகைய ஒளிவாங்கும் நிறமிகளால் செல்லின் உட்புகுதல் (cell permeability) மாறுபட்டு, விறைப்பு அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன.

இவ்வொளி முன்னிலையசைவால் (photonasty) சில சமயம் உறக்க இயக்கம் (nyctinasty) ஏற்படுகின்றது. பால்சம் என்ற தாவரத்தில் பகலில் இலைகள் கிடைமட்டத்திலும் இரவில் செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கியும் காணப்படுகின்றன. கீரை வகை, சீனோபோடியம் முதலிய தாவரங்களில் இலைகள் இரவில் செங்குத்தாக மேல் நோக்கியும், பகலில் கிடைமட்டத்திலும் இருக்கும். இவை ஆக்சிஜன் ஹார்மோன்கள் பரவுவதால் ஏற்படுபவை என்று யுன் என்பார் கருதுகிறார். பகலில் மிகுதியாக ஆக்சிஜன் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு இரவில் மேலே கடத்தப்படுகின்றது. அதனால் இரவில் மிகு வளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. மேல்புறம் மாலையில் மிகுதியாக ஆக்சிஜன் உற்பத்தி செய்யப்படும். கீழ்ப்புறம் வரும்போது வைகறையில் வளர்வதாகவும் கருதப்படுகிறது.

-ப. அண்ணாதுரை

ஒளி முனைவுத் திருப்பளவிப் பகுப்பு

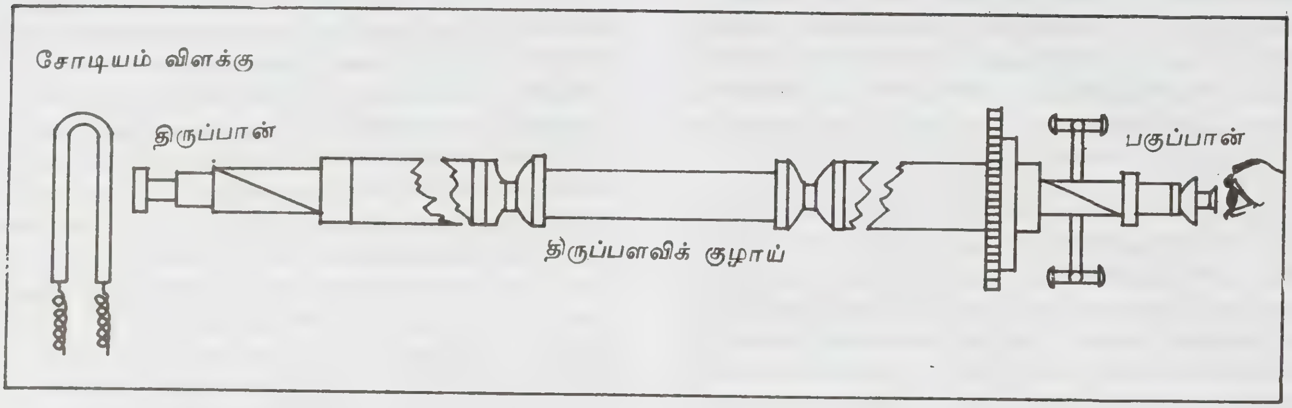
சாதாரண ஒளி தான் பாயும் திசையின் அனைத்துத் தளங்களிலும் செங்குத்து முறையில் பரவி இருப்பதை விளக்குவது ஒளி மின்காந்தக் கொள்கையாகும். ஒரு நைக்கால் பட்டகத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செலுத்தப்படும்போது அதன் பல்வேறு திசை அதிர்வுகள் தடுக்கப்பட்டு, ஒளிப்பாதை பட்டக அச்சின் ஒரே திசையில் செல்கிறது. ஆகவே இவ்வாறு வெளிவரும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒரு தளத்தில் மட்டுமே அதிர்வுகளைத் தருகின்றன. இதுவே முனைவேற்படுத்தப்பட்ட (polarised) ஒளியாகும்.

முனைவேற்படுத்தப்பட்ட ஒளிப்பாதையில் சில நீர்மப் பொருள்களையோ கரைசல்களையோ வைத்தால் அவற்றால் ஒளிப்பாதை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் சுழற்றப்படும் பண்பு காணப்படுகின்றது. இது ஒளி சுழற்றுத்தன்மை எனப்படும். இவ்வாறான சுழற்சி வலப்புறமாகவோ, இடப்புறமாகவோ ஏற்படலாம். வலஞ்சுழி, இடஞ்சுழி வழி ஏற்படுத்தும் பொருள்கள் முறையே டெக்ஸ்ட்ரோ (வலஞ்சுழி), லீவோ (இடஞ்சுழி) என்று குறிப்பிடப்படும்.

பொருள்களின் அமைப்பு, ஒளி செல்லும் அடுக்கின் ஆரம், அடர்த்தி, பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம், கணக்கிடும்போதுள்ள வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து முனைவேற்றப்பட்ட ஒளிச்சுழற்சி அமைகிறது. ஆய்வு முடிவுகள் அலகு கோணத் திரிபால் (specific rotation)அறியப்படுகின்றன.

$$[\alpha]_{Dt} = \frac{\alpha}{ld}$$

$[\alpha]_{Dt}$ = t வெப்பநிலையில் திருப்பு எண் (சோடியவிளக்கு D வழி)



α = சுழற்சிக்கோணம்

l = நீர்ம அமைப்பின் நீளம்

d = கரைசலின் அடர்த்தி

கரைசலானால், ஒளிசுழற்று பொருளின் செறிவைப் பயன்படுத்தலாம்.

$$\text{அப்போது } [\alpha] = \frac{\alpha}{l.\ C}$$

C என்பது 100 மி. லி. கரைசலில் அந்தப் பொருளின் கிராம் எண்ணிக்கையாகும். அலகு கோணத் திரிபு அப்பொருளின் மூலக்கூறு அலகு கோணத்திரிபு ஆகும்.

ஒளி முனைவுத் திருப்பு அளவியால் (polarimeter) சுழற்சிக் கோணத்தைக் கணக்கிடலாம். திருப்பு அளவியில் இரு நைக்கால் பட்டகங்கள் உள்ளன. ஒன்று முனைவுத் திருப்பானாகவும், மற்றொன்று பகுப்பானாகவும் அமைகின்றன. திருப்பான் நிலையாகவும், பகுப்பான் சுழன்று இயங்குவதாகவும் உள்ளன. திருப்பான் வழியாக ஒளி அலைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. நிலையான அமைப்பில் உள்ள பட்டகம், ஒளி முனைவுத் திருப்பம் ஏற்படுத்துகிறது. பகுப்பான் பட்டகம் வழி அத்திருப்பமேற்பட்ட ஒளி செல்லும்போது, கட்புலன் பாதை இருட்டாகத் தெரிகிறது. இரு பட்டகங்களுக்கிடையில் ஒளி சுழற்றும் கரைசலை ஒரு குழாயில் வைத்து, முனைவு பெற்ற ஒளியின் சுழற்சியைக் காண வேண்டும். முன்போல் இருண்ட அமைப்பைப் பெறப் பகுப்பானைச் சுழற்றும்போது வரும் கோண அளவைக் கணக்கிட வேண்டும். இதுவே ஒளிச் சுழற்சிக் கோணமாகும்.

சர்க்கரைக் கரைசலின் அலகு கோணத்திரிபைக் கணக்கிடல். ஒரு முனைவுத் திருப்பு அளவிக் குழாயை நன்கு தூய்மை செய்து காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட நீரை அதில் நிரப்பி அந்தக் குழாயைத் திருப்பானுக்கும் பகுப்பானுக்குமிடையே வைக்க வேண்டும். பகுப்பானில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கண்ணக் கருவியைத் திருப்பு அளவியில் மெல்லிய நிழற் பகுதி தெரியுமாறு சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும். பிறகு இரு அரைப்பகுதிகளும் ஒரே அளவு இருட்டாகத் தெரியும் வரை பகுப்பானைச் சுழற்றி, அதன் காட்சிப் பகுதியை குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு குழாயில் உள்ள நீரை அகற்றிவிட்டு எந்தக் கரைசலின் திருப்பு எண்ணைக் கணக்கிட வேண்டுமோ அந்தக் கரைசலை நிரப்பி முன்போலக் கணக்கீடு செய்ய வேண்டும். கணக்கீட்டைத் தொடர்ந்து செய்து அதன் சராசரிச் சுழற்சியைப் பெறலாம். கரைசலின் செறிவு அறியப்பட்டிருக்க வேண்டும். இவ்வாறு ஒளிச் சுழற்சி காணக் கரைசலின் பல்வேறு செறிவுகளையும் பயன்படுத்தலாம்.

அமிலத்தினால் சர்க்கரைக் கரைசலில் ஏற்படும் இடவலமாற்றமறிதல். சர்க்கரைக் கரைசலின் இடவல மாற்ற வினை ஒரு போலி ஒற்றை மூலக்கூறு வினையாகும். இவ்வினையின் வேகம் கரைசலின் செறிவிலிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\frac{dx}{dt} \propto [\text{சர்க்கரை}]$$

அல்லது

$$\frac{dx}{dt} = k\ [\text{சர்க்கரை}]$$

இதில் $\frac{dx}{dt}$ என்பது வினைவேகத்தையும், k என்பது வினைவேக மாறிலியையும் குறிக்கும். [சர்க்கரை] என்பது சர்க்கரைக் கரைசலின் செறிவு.

ஒளிமுனைவுத் திருப்பு அளவியால் சர்க்கரைக் கரைசலின் ஒளிச்சுழற்சியைக் கணக்கிட்டு அதன் மூலம் இவ்வினை நிகழ்ச்சியை அறிய முடியும். சர்க்கரையும், குளுக்கோஸும் வலஞ் சுழியாகவும்

ஃபிரக்ட்டோஸ் இடஞ்சுழியாகவும் ஒளிச்சுழற்சி செய்யக் கூடியவை. சமச்செறிவுள்ள கரைசல்களில் ஃபிரக்டோஸின் இடஞ்சுழிச் சுழற்சி, குளுக்கோஸின் வலஞ்சுழிச் சுழற்சியைவிட மிகுதியாக உள்ளது. ஆகையால் வினை நிகழ்ச்சியில் கரைசலின் சுழற்சி வர வரக் குறைந்து பூஜ்ய நிலைக்கு வந்து, இறுதியாக எதிர்நிலைக்கு (-) வருகிறது. இவ்வினையில்,

$$C_{11}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

சர்க்கரை (+) குளுக்கோஸ்(+) ஃபிரக்ட்டோஸ்(-)

சுழற்சி (+) மதிப்பிலிருந்து (-) மதிப்பாக மாற்றம் பெறுவதால், சர்க்கரைக் கரைசலின் இடவல மாற்றம் அறியப்படுகிறது.

20% செறிவுடைய சர்க்கரைக் கரைசலையும் அதே செறிவுள்ள அமிலத்தையும் இரு தனித்தனி 100 மி.லி கூம்புக்குடுவையில் விட்டு அறைவெப்பத்தில் ஒரு சீர்நிலைக் கருவியில் வைத்திருக்கவேண்டும். ஒளிமுனைவுத்திருப்பு அளவியை அமைத்துக்கொண்டு, அதில் உள்ள குழாயில் 50 மி.லி அமிலமும் 50 மி.லி சர்க்கரைக் கரைசலும் உடனடியாகக் கலக்கப்பட்ட கரைசலை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒளிச்சுழற்சியை அளந்தறிய வேண்டும். இதை வினைத் தொடக்க அளவீடாகக் கொள்ளலாம். அதைத் தொடர்ந்து சீரான இடைவேளை விட்டு ஒளிச்சுழற்சி அளவீடுகளைக் கண்டறியலாம். இறுதி அளவீட்டை 48 மணி நேரத்திற்குப்பின் தொடங்கலாம்.

சுழற்சி மாற்ற அளவீடு சர்க்கரையின் சிதைவு வீதத்தைக் குறிக்கும். தொடக்கச் சுழற்சி γ_o, t நேரத்தில்சுழற்சி γ_t o $\gamma\alpha$ என்பது இறுதிச் சுழற்சி என்று கொண்டால்,

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{\gamma o - \gamma\alpha}{\gamma_t - \gamma\alpha}$$

என்ற சமன்பாட்டின் மூலமாக k கணக்கிடப்படும். k இன் மதிப்பு மாறா எண்ணாக அமைவது இவ்வினை ஒரு முதல் வகைவினை (first order reaction) என்பதை உறுதிப்படுத்தும்.

- எஸ். வெங்கடாசலம்

ஒளியாண்டு

புவியிலிருந்து விண்மீன்களின் தொலைவுகளை, புவித் தொலைவுகளின் அளவுகளான மைல் கிலோமீட்டருடன் ஒப்பிடும்போது, இவை ஒரு தொலைவு என்றே கூறமுடியாதவாறு, மிகமிக அதிகமான தொலைவுகளில் விண்மீன்கள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக புவிக்கு மிகஅருகில் உள்ள α-செண்டாரி என்ற விண்மீனின் தொலைவு ஏறத்தாழ 405,70,70,00,00,000 கிலோமீட்டர் என்றால் மிகுதொலைவில் உள்ள விண்மீன்களைக் குறிக்க எத்தனை இலக்கங்கள் கொண்ட எண் தேவைப்படும் என்பது வியப்பாக உள்ளது. எண்களைக் குறிப்பதும் எளிதாக இருக்காது. ஆகவே, இவற்றைக் குறிப்பிட ஒளியாண்டு (light year) என்னும் அளவீடு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஓர் ஆண்டில், வெளி (space) வழியே ஒளி அல்லது கதிர்வீச்சு அலைகள் செல்லும் தொலைவு ஒளியாண்டு எனப்படும். இது தொலைவைத்தான் குறிக்குமேயன்றிக் காலத்தையோ நேரத்தையோ குறிக்காது. ஓர் ஆண்டில் ஒளி செல்லும் தொலைவு 9.4650×10^{15} மீட்டர் அல்லது 9.5×10^{12} கிலோமீட்டர் அல்லது 5.8785×10^{12} மைல்களாகும். மேலும் ஓர் ஒளியாண்டு = .3066 பார்செக் = 63240 வானியல் அலகு ஆகும். எளிமையாகக் கூறின் ஒளி, ஒரு நொடியில் 300, 000 கி. மீ அல்லது 1, 86, 000 மைல் தொலைவு செல்லும்.

- பெ. வடிவேல்

ஒளியிய இரட்டை விண்மீன்

புவியிலிருந்து நோக்கும்போது ஒரே திசையில், அருகருகே உள்ளவைபோல் தோற்றமளிக்கும் இரண்டு விண்மீன்கள், ஒளியிய இரட்டை விண்மீன்கள் (optical double stars) எனப்படும். இரும விண்மீன்களைப் போன்று தோற்றமிருப்பினும், இவை உண்மையிலேயே ஒன்றுக்கொன்று மிகு தொலைவில் சார்பற்று இருப்பனவாகும்.

- பெ வடிவேல்

ஒளியியல் இழை

ஒளியைத் தாங்கிச் செல்லும் தன்மையுடைய, ஆனால் ஊசித் துளையுள்கூட எளிதில் நுழைந்து செல்லத்தக்க மெல்லிய கண்ணாடி அல்லது ஞெகிழி (plastic) இழைகள் ஒளியியல் இழைமங்கள் (optical fibres) எனப்படுகின்றன. இவ்வாறான இழைகள் மூலம் ஒளிக்குறியீட்டுச் செய்திகளை அனுப்பும் புதிய தொழில் நுட்பம் இழைம ஒளியியல் ஆகும். இது மருத்துவம், தொழில், தொலைத் தொடர்பு முதலிய துறைகளில் புதிய மாறுதல்களைத் தோற்றுவித்து உள்ளது. மெல்லிய கண்ணாடி இழைகள் வழியே செல்லும் ஒளி, செறிவுக் குறைவின்றி முழு அக எதிரொளிப்பு மூலம் நெடுந்தொலைவு செலுத்தப் படுகிறது. நீள் உருளை வடிவக் கண்ணாடி அல்லது

ஞெகிழி இழை, அதைவிடக் குறைந்த விலகல் எண் கொண்ட பொருளாலான உறையால் சூழப்பட்டுள்ளதால் ஒளியிழப்புத் தவிர்க்கப்படுவதுடன், வளை தன்மை கொண்டதாகவும் உள்ளது. கண்ணாடி ஒளியியல் இழைகள் 10—150 மைக்ரோ மீட்டர் வரை விட்டம் கொண்டவை. ஞெகிழி இழைகள் சற்றுத் தடிமனானவையெனினும், வளைதன்மை மிக்கவை; இத்தகைய பலநூறு இழை முனைகள், அதே வரிசையில் ஒத்தமைவுடன் வெளிவருமாறோ மாறுபட்டு வெளிவருமாறோ கற்றையாக அமைக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இன்று ஒளியியல் இழைமங்களில், சிறிய லேசர் கருவியால் ஊசிமுனையளவில் தோற்றுவிக்கப்படும் அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

ஒளியியல் இழைகளில் மூன்று வகைகள் உள்ளன. பன்மை வகையான (multimode), படி வடிவ ஒளி விலகல் எண் (stepped refractive index profile) கொண்ட இழையில் உள்ளகத்திலிருந்து வெளியுறைக்குச் செல்லும்போது ஒளி விலகல் எண் திடீரென மாறும். இவை வழக்கமான உருத்தோற்ற அனுப்பல்களுக்கும், குறுகிய தொலைவுச் செய்தித் தொடர்புக்கும் பயன்படுகின்றன. அவற்றின் உள்ளகத்தின் பரிமாணத்தையும், உள்ளகத்துக்கும் மேலுறைக்கும் இடையிலுள்ள ஒளி விலகல் எண் வேறுபாட்டையும் பொறுத்து அவற்றின் மூலம் அனுப்பக்கூடிய ஒளிக்கதிர்களின் எண்ணிக்கை அமைகிறது. இத்தகைய ஓர் இழையில் பல கதிர்கள் அடங்கிய ஒரு கூர்மையான துடிப்பை உட்புகுத்தினால், அத்துடிப்பு, இழையில் பயணம் செய்யச் செய்ய அகலமாகிவிடுகிறது.

இழையின் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் கதிர்களும் அச்சுக்குச் சாய்வாகச் சென்று பன்முறை உள் எதிரொளிப்பு அடைந்தவாறு செல்லும் கதிர்களும் இழையில் வெவ்வேறு அளவுகளில் தொலைவுகளைக் கடக்க வேண்டியிருப்பதே இதற்குக் காரணம். இதன் காரணமாகத் தகவல் கடத்தல் வீதமும் (transmission rate), தொலைவும் குறைந்து விடுகின்றன. ஏனெனில் துடிப்பு அகலமாவதன் அடிப்படையிலேயே ஒளித்துடிப்புகளின் நீளத்தையும் அவற்றுக்கிடையிலான நேர இடைவெளியையும் அமைத்துக் கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது. அப்போதுதான் வெளிவரு முனையில் வெளிப்படும் துடிப்புகள் ஒன்றன்மேல் ஒன்று படியாமல் தனித்தனியாக வரும்.

சரிந்த வடிவ ஒளிவிலகல் எண்ணுள்ள பன்மை இழை அமைப்பில் உள்ளகத்திற்கும் வெளியுறைக்கும் இடையில் ஒளி விலகல் எண் வேறுபாடு சிறிது சிறிதாகக் குறைவதாயிருக்கும். இவற்றில் கதிர்கள் விரிவடைவதைக் குறைத்துத் துடிப்பு அகலமாவது குறைக்கப்படுகிறது. ஒளிக் கதிர்கள் உள்ளகத்தின் அச்சின் வழியாகச் சற்றுக் குறைவான வேகத்தில் பயணம் செய்கின்றன. விளிம்புப் பகுதியில் அவற்றின் வேகம் மிகுதியாயிருக்கும். எனவே அவை இழையின் வெளிவருமுனையில் ஏறக்குறைய ஒன்றாக வெளிப்படும். இவற்றை நடுத்தரத் தொலைவுகளுக்கு நடுத்தரமான தகவல் கடத்தும் வீதத்தில் செய்திகளை அனுப்பப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒற்றைக் கதிர் இழையில் உள்ளகத்திற்கும் வெளியுறைக்கும் இடையிலுள்ள ஒளி விலகல் எண் வேறுபாடு மிகக் குறைவாக இருக்கும். உள்ளகத்தின் விட்டமும் குறைவாயிருக்கும். இதில் துடிப்பு மிகுவதால் அகலமாவதில்லை. இவை பெரும் தொலைவுகளுக்கு, உயர்ந்த தகவல் கடத்தல் வீதத்தில் செய்தி அனுப்ப ஏற்றவை.

தொலைவு எவ்வளவாக இருந்தாலும், இழை வழியாகச் செல்லும்போது ஒளிச்செறிவில் ஏற்படும் இழப்பு கவனத்துக்குரியதாகும். ஒளி உட்கவரப்படுவதாலும் சிதறப்படுவதாலும் இது ஏற்படுகிறது. அனைத்துவகைப் பொருள்களும் அவற்றிலுள்ள ஆக்கக் கூறுகளின் காரணமாக ஒளியை ஓரளவாவது உட்கவரவே செய்கின்றன. அத்துடன் இழைகளில் உள்ள மாசுகள் காரணமாகக் குறிப்பிட்ட சில அலை நீள ஒளிக்கதிர்கள் உட்கவரப்பட்டு விடுகின்றன. ஒரு பொருளில் மூலக்கூறு மட்டத்தில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்களின் காரணமாக உள்ளார்ந்த ஒளிச்சிதறல் ஏற்படுகிறது. உள்ளகத்தின் விட்டத்தில் ஏற்படும் வேறுபாடுகள் அல்லது உள்ளகத்தில் குமிழிகள் போன்ற பிழைகள் இருப்பது காரணமாகவும் ஒளி சிதறப்பட்டு இழக்கப்படும். மிகுதியான சிலிகா கலந்த கண்ணாடிகள் மிகக் குறைவான உள்ளார்ந்த ஒளி உட்கவர் திறன் கொண்டவை. ஒளியியல் இழைக் கருவிகளில் ஒளி மூலமாகப் பயன்படுத்தப்படும் லேசர்கள் மற்றும் ஒளி உமிழ் டையோடுகள் போன்றவற்றிலிருந்து வெளிப்படுகிற அண்மை அகச்சிவப்புக் கதிர்களை ஒளியியல் இழைகள் மிகக் குறைவான அளவிலேயே சிதறடிக்கின்றன. எனவே அத்தகைய கண்ணாடி இழைகள் ஒளி இழப்புச் சிறுமமாக இருக்க வேண்டிய தகவல் கடத்துங் கருவிகளில் பயன்படுத்த மிகவும் ஏற்றவை.

வளிமத்தால் நிரப்பப்பட்ட சிலிகா கண்ணாடிக் குழாய்கள் அனல் வளிமத்தாரை (jet) அடுப்புகளால் சூடேற்றப்படுகின்றன. இதனால் அவற்றின் உட்புறச் சுவர்களில் வளிமம் ஊடுருவி மெல்லிய கண்ணாடி அடுக்குகளைத் தோற்றுவிக்கின்றது. வெப்பநிலையை உயர்த்தி, அக்குழாய்களின் உள்ளிடம் போக்கப்பட்டு முன்னோடி வடிவத் திண்மக் கம்பிகளாக மாற்றப்படுகின்றன. பின்னர் இம்முன்னோடி வடிவங்கள் உலையில் உருக்கப்பட்டு, சிலிகா உறை கொண்ட ஒளிகடத்தும் மெல்லிய கம்பிகளாக வலிந்து இழுக்கப்படுகின்றன.

ஞெகிழிகளில் உள்ளார்ந்த ஒளிச்செறிவு நலிவு மிகுந்திருப்பினும் பல உருத்தோற்றக் கடத்தல் செயல்முறைகளில் ஞெகிழி இழைகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இழைகளின் வலிமை, பரிமாணத்தைக் கட்டுப்படுத்தக்கூடிய வசதி, வேதி நிலைத்தன்மை, நீண்ட வாழ்நாள் ஆகியவை ஒரு குறிப்பிட்ட நோக்கத்திற்குப் பயன்படக்கூடிய இழைகளின் தகுதியை அறுதியிடும் பண்புகளாகும். ஓர் இழைக் கட்டின் நோக்கத்தைப் பொறுத்து 5000 - 50000 வரையான இழைகள் இருக்கலாம். ஒவ்வோர் இழையும் 10 - 25 மைக்ரோ மீட்டர் வரை விட்டமுள்ளதாயிருக்கும். மருத்துவத்தில் பயன்படும் குடல்காட்டி, ஈரல்காட்டி, நுரையீரல்காட்டி போன்ற கருவிகளில் இழைக்கட்டு 2 மீட்டர் வரை நீளமுள்ளதாகவும், தொழில் துறையில் பயன்படும் ஒளியியல் இழைக் கருவிகளில் 4.5 மீட்டர் வரை நீளமுள்ளதாகவும் இருக்கும்.

இழைக்கட்டின் ஒருமுனையில் ஒரு சிறிய பொருளருகு வில்லை, பொருளின் உருத்தோற்றத்தை ஒளியியல் இழைக்குள் செலுத்துகிறது. இழை ஊடாகக் கடந்து வரும் உருத்தோற்றம் ஒரு கண்ணருகு கருவியின் மூலமாகப் பார்க்கப்படுகிறது. தொலைவிலிருந்தவாறு பொருளருகு வில்லையைக் குவியப்படுத்தவும், அதை அங்குமிங்கும் நகர்த்தவும் வசதிகள் உள்ளன. இத்தகைய கருவிகளில் கூடுதலாக ஓர் இழைக்கட்டைச் சேர்த்து அதன் வழியாகப் பார்க்க வேண்டிய பொருளின் மேல் ஒளியைப் பாய்ச்சவும் வழி செய்யப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு ஒளியை மட்டும் செலுத்தும் இழைக்கட்டு ஓரின இயல்பற்ற இழைகளாலானதாக இருக்கும். தெளிவான, ஒருங்கிணைக்கப்பட்ட புரிந்து கொள்ளக்கூடிய உருத்தோற்றங்களை அவை உண்டாக்கா. இத்தகைய இழைக் கட்டுகள் தொலைவிலிருந்து பொலிவூட்டவும் ஒளி உணர்வு காட்டிகளில் ஒளிவழி நடத்திகளாகவும் பயன்படுகின்றன. இவை 1-6 மி.மீ வரை விட்டமும் 0.5-2 மீ வரை நீளமும் கொண்ட கட்டுகளாக இருக்கும். அவற்றிலுள்ள இழைகள் கண்ணாடியாலானவையாக இருந்தால் 50-80 மைக்ரோமீட்டர் வரை விட்டமும் ஞெகிழியால் ஆனவையாயின் 250 மைக்ரோ மீட்டர் வரை விட்டமும் கொண்டிருக்கும்.

தகவல் தொடர்பில் பெரும் மாற்றத்தைத் தோற்றுவிக்கும் திறன்கொண்ட கண்டுபிடிப்பாக ஒளி இயல் இழைமம் உருவாகி வருகிறது. தாமிரக் கம்பியொன்றின் வழியே எடுத்துச் செல்லப்படுவதைப் போல் 10,000 மடங்கு உரையாடல்களை ஒளியியல் இழைமம் வழியே செலுத்தலாம். உலோகக் கம்பியின் வழியே வரும் குறியீடுகள் செறிவு குறைந்து வெளிவருதலால் பெருக்கம் செய்ய வேண்டியுள்ளது. ஆனால் இழைமம் வழியே செல்லும் ஒளிக்குறியீடுகளின் செறிவு குறைவது இல்லை. மேலும் மின்னதிர்வுகள், காந்தப்புலமாற்றம், மின்னல் போன்ற குறுக்கீடுகளால் உலோகக்கம்பிகள் வழியே செல்லும் குறியீடுகள் தாக்கப்படுவதுபோல் இழைமத்தில் ஒளிக் குறியீடுகள் தாக்கமுறுவதில்லை. உலோகக் கம்பிகள் நாளடைவில் உருக்குலைந்து விடுவதுபோல் இவ்விழைகள் கெட்டுவிடுவதில்லை.

இன்று நல்லமுறையில் செயல்படும் தகவல் தொடர்புத் துணைக்கோள்களைப் புவிநிலைப்பட்ட சுற்றுப் பாதையில் வைத்திருக்க நாளடைவில் நெருக்கடி ஏற்படலாம். மேலும் இத்தகைய கோள்களைப் போர் காரணமாகச் செயலிழக்கச் செய்துவிட்டால், அவற்றின் வழியாகச் செயல்படும் கணிப்பொறி முதலிய அமைப்புகளும் செயலிழந்துவிடலாம். ஆனால் ஒளியியல் இழைமம் மூலம் நடைபெறும் தகவல் தொடர்புகளை அவ்வாறு எளிதில் துண்டித்துவிட வாய்ப்பில்லை.

ஒளியியல் குறியீடுகளை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்துக்கு இழைமங்கள் மூலம் கொண்டு சென்று, சாலைப்புறக்குறியீடுகள், ஊர்திகளில் உள்ள விளக்குகள் ஆகியவற்றை இயக்கலாம். மேலும் தொலைபேசி, கணிப்பொறி இணைப்புகள், குழல்வழித் தொலைக்காட்சி, அச்சிட்டவற்றை உள்ளவாறே தாங்கிச் சென்று வேறிடத்தில் படியெடுத்தல், கப்பல்களுக்கிடையேயும் விமானங்களுக்கிடையேயும் தொடர்புகளைத் தோற்றுவித்தல் போன்ற துறைகளிலும் ஒளியியல் இழைமங்கள் விரைவில் பெரும் பங்கு பெறும்.

- க தங்கராசு

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளியியல் உரு

ஒரு பொருளின் ஒளியியல் உருவைத் (optical image) தெளிவாகவும் பிறழ்ச்சி இல்லாமலும் உருவாக்குவதற்கேற்ற வகையில் ஒளியியல் கருவிகள் அமைக்கப்பட வேண்டும். எ.கா. நுண்ணோக்கி, தொலை நோக்கி. ஒரு பொருளின் தோற்ற அளவு அது கண்ணில் அமைக்கும் பார்வைக் கோணத்தைப் (visual angle) பொறுத்து அமையும். இரு வேறு பொருள்கள் அமைக்கும் பார்வைக் கோணங்களின் வேறுபாடு ஒரு நிமிடத்திற்குக் குறைவாக இருந்தால் அவ்விரு பொருள்களையும் கண்களால் தனித்துக் காண இயலாது. இது கண்ணின் பகுதிறன் எனப்படுகிறது.

பார்வைக் கருவியால் உருவாக்கப்படும் உருவின் பார்வைக் கோணத்திற்கும் அதே தொலைவில் பொருள் வைக்கப்படும்போது பொருளின் பார்வைக் கோணத்திற்கும் உள்ள தகவு பார்வைக் கருவியின் உருப்பெருக்குந்திறன் எனப்படும். பார்வைக் கருவியில்

பொருளுக்கு அருகில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வில்லை பொருளருகு வில்லை என்றும் கண்ணுக்கு அருகில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வில்லை கண்ணருகு வில்லை என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. கண்ணருகு வில்லை ஒற்றையாக இல்லாமல் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட தொகுப்பாக இருந்தால் நிறப்பிறழ்ச்சி (chromatic aberration), ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி (mono chromatic aberration) போன்ற உருக்குறைபாடுகளை நீக்கலாம். மேலும் உருப்பெருக்குந் திறனையும் பார்வைப் புலத்தையும் (field of view) பெருகச் செய்யலாம்.

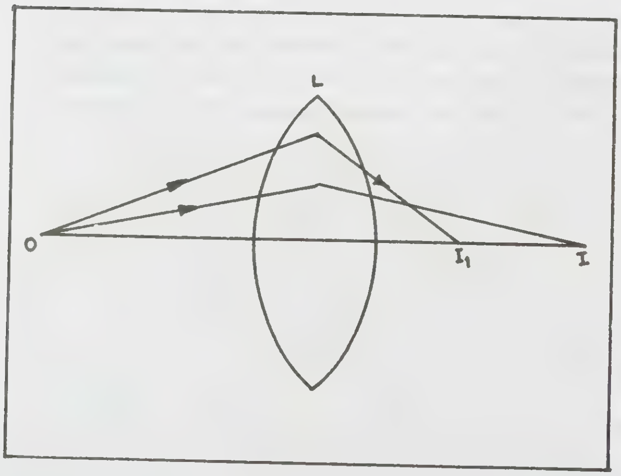
பிறழ்ச்சி. வில்லையிலிருந்து பொருள், உரு இவற்றின் தொலைவுகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்புகளைப் பெறும்போது வில்லையின் இடையிடம் குறைவாக உள்ளது என்றும், பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் முதன்மை அச்சுடன் (principal axis) ஏற்படுத்தும் கோணம் குறைவாக உள்ளது என்றும் கருதப்படுகின்றன. எனவே புள்ளிப் பொருளின் உரு புள்ளியளவாகவே உள்ளது. ஆனால் நடைமுறையில் பயன்படும் வில்லைகளின் இடையிடம் மிகுதியாக உள்ளது. புள்ளிப் பொருளில் உருவை உண்டாக்குவதற்கு அச்சருகுக் கதிர்களோடு ஓரக்கதிர்களும் சேர்ந்து (marginal rays) கொள்கின்றன. வில்லையில் ஒளிவிலகல் நிகழ்ந்தபிறகு இந்த இரண்டு வகையான கதிர்களும் முதன்மை அச்சில் ஒரு புள்ளியில் தொடாமல் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் தொடுகின்றன. எனவே புள்ளிப் பொருளின் உரு புள்ளியாகத் தோன்றாது.

ஒரு வில்லையின் குவியத் தொலைவு வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கும். ஆகையால் வெண்மை நிறப் பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் வில்லை வழிச் சென்று முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியாமல் மிகக் குறுகிய ஒரு நீள் நிற மாலையாக (linear spectrum) அமையும்.

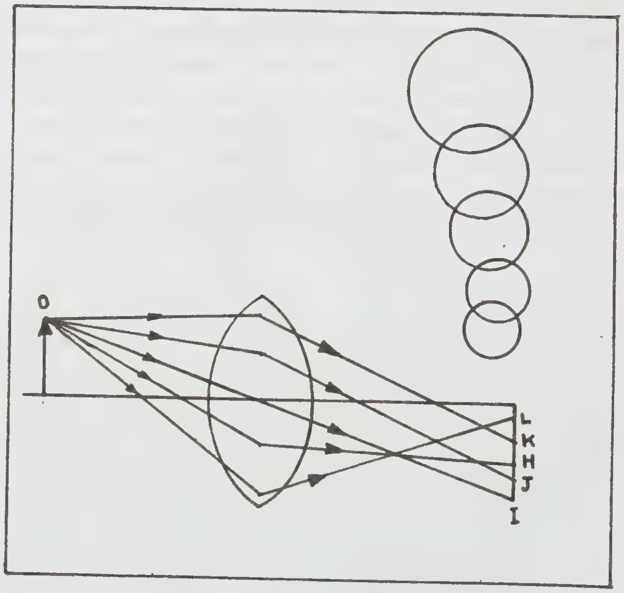
இக்காரணங்களால் ஒரு பொருளின் உரு பல்வேறு இடங்களில் பல வண்ணங்களிலும் பல அளவுகளிலும் அமையும். பொருளின் உருவில் ஏற்படும் இக்குறைபாடு பிறழ்ச்சி எனப்படுகிறது. அலைநீளத்துடன் விலகல் எண் மாறுவதால் ஏற்படும் உருக்குறைபாடு நிறப்பிறழ்ச்சி என்றும், ஓரக் கதிர்களால் ஏற்படும் உருக்குறைபாடு ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி என்றும் கூறப்படுகின்றன. ஒற்றை நிறப் பிறழ்ச்சிகளில், கோளப் பிறழ்ச்சி, வால் விண்மீன் பிறழ்ச்சி (coma), உருட்சிப் பிழை (astigmation), வளைவு (curvature), உருக் குலைவு (distortion) என ஐந்து வகையுண்டு.

இடையிடம் மிகுந்துள்ள ஒரு வில்லை அச்சருகுக் கதிரையும், ஓரக் கதிரையும் முதன்மை அச்சில் வெவ்வேறு இடங்களில் குவிப்பதால் கோளப் பிறழ்ச்சி (spherical aberration) என்னும் குறைபாடு உண்டாகிறது. O என்னும் புள்ளி அளவுப் பொருளின் உரு ஒரு புள்ளியாக அமையாமல் II_1 என்னும் நேர்கோடாக அமையும். II_1 இன் நீளம் வில்லையின் அச்சுக் கோளப் பிறழ்ச்சி எனப்படும். I இல் ஒரு திரையை வைத்தால் O இன் உரு வட்டமாகத் தெரியும். I இல் உருவின் மையப்பகுதி பொலிவுமிக்கும் பாதிப்பகுதி பொலிவு குன்றியும் இருக்கும். I இலிருந்து I_1 ஐ நோக்கித் திரையை நகர்த்தினால் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் உருவிற்கான வட்டம் முழுமையும் ஒரே சீரான பொலிவுடன் இருக்கும். இவ்வட்டம் தெளிவு வட்டம் எனப்படுகிறது. இத் தெளிவு வட்ட ஆரத்தின் மதிப்பு, குறுக்களவுக் கோளப் பிறழ்ச்சியின் அளவாகும்.

ஓரக் கதிர்களின் குவியும் தன்மையை ஏதாவது ஒரு வகையில் சிறிது குறைத்தால் ஓரக் கதிர்களும் அச்சருகுக் கதிர்களும் ஒரே இடத்தில் குவியும். ஒரு முப்பட்டகத்தில் படுகதிரும் விடுகதிரும் அவற்றின்



படம் 1.

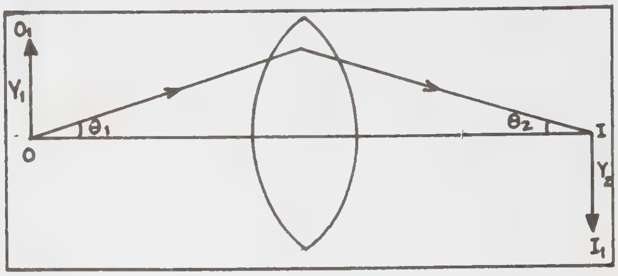


படம் 2.

ஒளிவிலகு பரப்புகளுக்குச் சம அளவில் சாய்ந்திருந்தால் திசைமாற்றம் சிறுமமாக இருக்கும். வில்லையும் பல சிறு முப்பட்டகங்களின் தொகுப்பானதால், ஓரக் கதிர்கள் வில்லையில் விழுந்து வெளியேறும் போது படுகதிரும் விடுகதிரும் வில்லையின் இரு பரப்புகளுக்கும் சம அளவில் சாய்ந்திருக்குமாறு வில்லையை அமைத்தால் ஓரக்கதிர்களின் திசை மாற்றமும் சிறுமமாக இருக்கும். எனவே கோளப் பிறழ்ச்சியும் சிறுமமாக இருக்க ஒரு சமதளக் குவி வில்லையைப் பயன்படுத்தலாம். வில்லையின் மிகுந்த வளைபரப்புப் பகுதி முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக உள்ள படுகதிரையோ விடுகதிரையோ நோக்கி இருக்கவேண்டும். கோளப் பிறழ்ச்சி சிறுமமாக, இருக்க வில்லையின் வளைவு ஆரங்களுக்குள்ள தகவு $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\mu\ (2\mu + 1)}{(2\mu^2 - \mu - 4)}$ என்று இருக்கவேண்டும் எனக் கணித வாயிலாக நிறுவப்பட்டுள்ளது. μ என்பது வில்லையின் ஒளிவிலகல் எண் ஆகும். இடைவெளியிட்டு அமைந்த இரண்டு வில்லைகளின் தொகுப்பில் கோளப் பிறழ்ச்சி சிறுமமாக இருக்க, இடைவெளித் தொலைவு அவற்றின் குவியத் தொலைவுகளின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

ஒரு வில்லையில் கோளப் பிறழ்ச்சி நீக்கப்பட்ட பின்பும் முதன்மை அச்சின்மேல் இல்லாமல் அதனின்று சற்றுத் தள்ளி அமைந்திருக்கும் பொருளின் உரு புள்ளியாக இருக்காது. அது படிப்படியாக மிகும் ஆரத்தைக் கொண்டதாகவும், பொது மையம் அற்றதாகவும் உள்ள தொடர்ச்சியான வட்டங்களாக ஒரு வால்விண்மீன்போல் இருக்கும். இக்குறைபாடு வால்விண்மீன் பிறழ்ச்சியாகும். $\mu_1\ y_1\ \mathrm{Sin}\ \theta_1 = \mu_2\ y_2\ \mathrm{Sin}\ \theta_2$ என்னும் அப்பே சைன் வரையறை (Abbe sin condition) நிறைவேற்றப்பட்டால் இக்குறைபாடு தவிர்க்கப்படும். μ_1, μ_2 முறையே படுகதிர், விடுகதிர் அமைந்த ஊடகங்களின் ஒளி விலகல் எண்கள் ஆகும். y_1, y_2 முறையே பொருள், அவற்றின் உரு ஆகியவற்றின் உயரங்கள் ஆகும். θ_1, θ_2 ஏற்படுத்தும் கோணங்கள் ஆகும்.

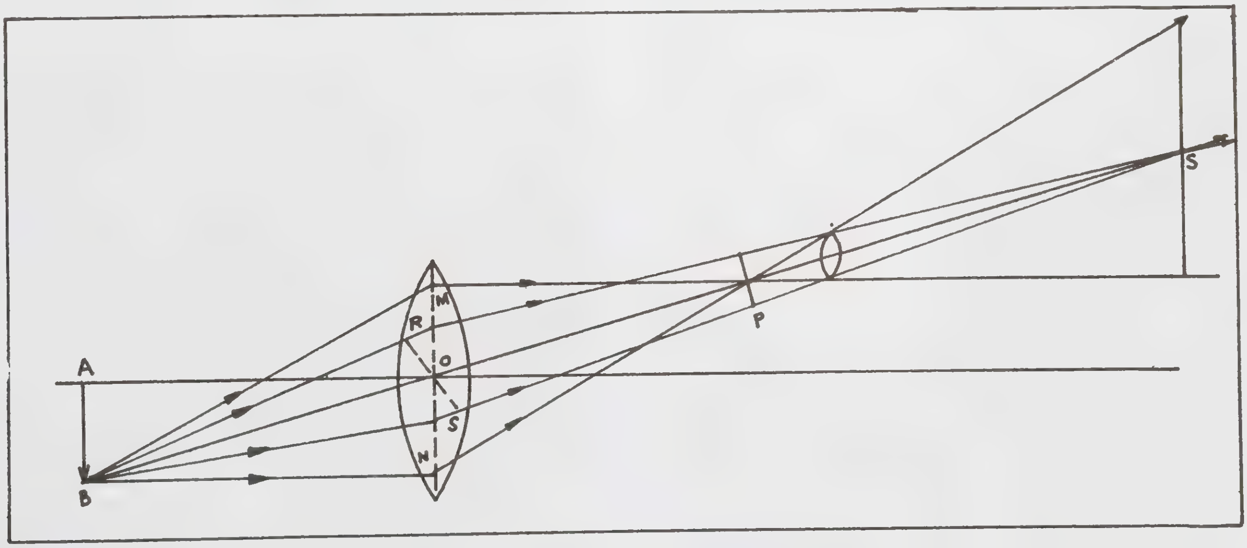
முதன்மை அச்சிலிருந்து விலகியிருக்கும் புள்ளிப் பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் வில்லையில் ஒளிவிலகல் நிகழ்ந்தபிறகு புள்ளியில் சந்திப்பதில்லை.



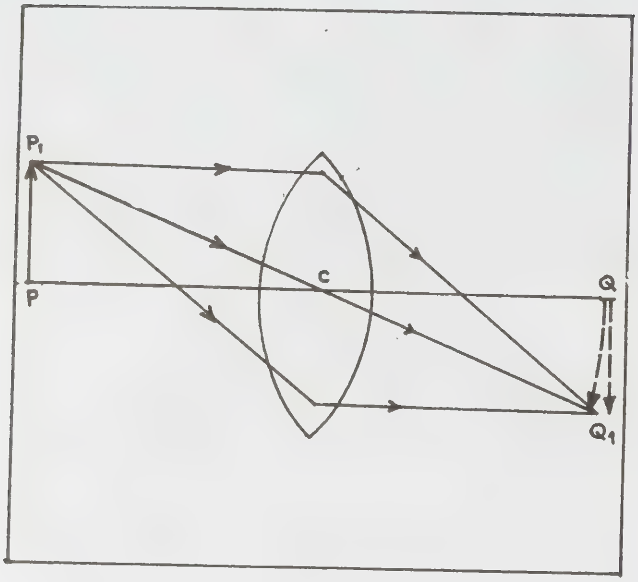
படம் 3.

BMN என்னும் நேர்குத்துத் தளத்திலுள்ள கதிர்கள் கிடைமட்டக் கோடாக (P) உருவைத் தோற்றுவிக்கின்றன, BRS என்னும் கிடைமட்டத் தளத்தில் உள்ள கதிர்கள் நேர்குத்துக் கோடாக (S) உருவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. பிற படுகதிர்கள் P, S இவற்றிற்கிடையே நீள்வட்டங்களாக உருவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இக்குறைபாடு உருட்சிக் குறைபாடு எனப்படும். தகுந்த குவியத் தொலைவுகளுள்ள குவி வில்லை, குழிவில்லை ஆகியவற்றைப் போதிய இடைவெளிவிட்டு அமைத்து இக்குறைபாட்டைத் தவிர்க்கலாம்.

PP_1 என்னும் நீண்ட பொருளின் உரு நேராக இல்லாமல் Q, Q_1 ஆக வளைந்து உள்ளது. இது வளைவுக் குறைபாடு எனப்படும். அச்சை விட்டு விலகி



படம் 4.



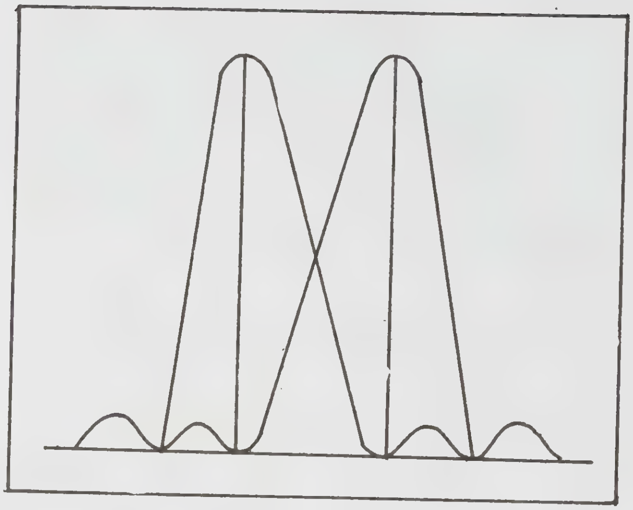
படம் 5

யிருக்கும் P_1 என்னும் புள்ளி வில்லையின் மையம் C இலிருந்து உள்ள தொலைவு CP_1, CP ஐயை விட மிகுதியாக உள்ளதால் P_1 இன் உரு Q ஐ விடக் குறைந்த தொலைவிலுள்ள Q_1 புள்ளியில் உருவாகியுள்ளது. $\mu_1 f_1 + \mu_2 f_2 = 0$ என்னும் சமன்பாட்டிற்கேற்ற வகையில் இரண்டு வில்லைகளைப் பயன்படுத்தி இக்குறைபாட்டைக் குறைக்கலாம்.

ஒரு நீண்ட பொருளின் பல்வேறு பகுதிகளின் உருப்பெருக்கம் வெவ்வேறாக அமைந்தால் உருக்குலைவு என்னும் குறைபாடு ஏற்படுகிறது. இரண்டு வில்லைகளுக்கிடையே சமச்சீர் தொலைவில் தடையை நிறுத்தி இக்குறைபாட்டைத் தவிர்க்கலாம்.

பிரிதிறன். அருகருகிலுள்ள இரு புள்ளிப் பொருள்களின் உருக்களைத் தனித்தனியாகப் பிரித்துக் காட்டும் திறன் ஓர் ஒளியியல் கருவியின் பிரிதிறன் (resolving power) எனப்படும். அருகருகிலுள்ள இரு உருக்கள் தனித்தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டுமானால் ஓர் உருவின் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தின் (diffraction pattern) மையப் பெருமம், மற்றோர் உருவின் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தின் முதல் நிலைச் சிறுமத்துடன் பொருந்த வேண்டும். ஒளியியல் கருவிகளின் பிரிதிறனுக்கான இந்நிபந்தனை ராலே வரையறை எனப்படும். இவ்வரையறையைப் பயன்படுத்தித் தொலைநோக்கி, நுண்ணோக்கி, முப்பட்டகம், கீற்றணி போன்ற ஒளியியல் கருவிகளின் பிரிதிறன்களைக் காண முடியும்.

ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி. நிறப்பிறழ்ச்சி போன்ற



படம் 6

உருக்குறைபாடுகளைத் தவிர்க்கும் வகையில் வில்லைகளின் தொகுப்பை ஒளியியல் கருவிகளில் பயன்படுத்திப் பொருள்களின் தெளிவான, குறைபாடற்ற உருக்களைக் காணலாம்.

- தேவ. ஜெயராமன்

நூலோதி. Francis A. Jenkins and Harvey E. White, *Fundamentals of Optics*, Fourth Edition, McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo; Khanna and Gulati, *Fundamentals of Optics*, Eleventh Edition, R. Chand & Co., New Delhi, 1984.

ஒளியியல் சுழல் வினை

சில சேர்மங்கள் ஒளியின் போக்கை மாற்றும் ஆற்றல் கொண்டுள்ளன. அவற்றின் மூலக்கூறுகளில் அணுக்கள் அல்லது அணுத் தொகுதிகளின் அமைப்பு முறையால் தனி வகை ஒளியியல் சுழல் வினை (optical rotation) நிகழ்கிறது. பொதுவாக ஒளிக்கற்றை பரவிச் செல்லும்போது ஒளியின் கூறுகளான மின்காந்த அலைகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அனைத்துத் திசைகளிலும் அதிர்கின்றன. ஆனால் இதே ஒளிக்கற்றையைக் கால்சியம் கார்பனேட் மூலக்கூறுகள் அடங்கிய படிகக் கல்லான குவார்ட்ஸ் வழியே செலுத்தினால் ஒரே தளத்தில் ஒருமுகப்படுத்தப்பட்டு அலைகள் பரவும். இதைத் திசைமுக ஒளி (plane polarised light) எனலாம்.

வில்லியம் நைக்கால் என்பவர் 1928 இல் குவார்ஸ் படிகக் கல்லைக் கொண்டு முப்பட்டையைச் செய்தார். இத்தகைய இரு முப்பட்டைகளை ஒளி

முனைவுத் திருப்பு அளவி (polarimeter) என்னும் கருவியில் பயன்படுத்திச் சேர்மங்களின் ஒளிசார்ந்த இயல்புகளைக் கண்டறிய முடியும். முதல் முப்பட்டை வழியாக ஒளிக்கதிர் நுழைந்து மற்றொன்றின் வழியாக வெளியேறுகிறது. முதல் முப்பட்டையைத் திசைமுகி (polariser) என்றும், இரண்டாவதை ஆய்வி (analyser) என்றும் குறிப்பிடலாம். திசைமுகியும் ஆய்வியும் கருவியமைப்பில் இருந்தால்தான் ஒளிக்கற்றையைப் பார்க்க முடியும். ஆய்வி செங்குத்தாகத் திருப்பப்படுமானால் ஒளியின் பாதை தடைப்பட்டு ஒளியைக் காண முடியாது. இரு முப்பட்டைகளுக்கிடையே ஒரு கண்ணாடிக் கலனில் குறிப்பிட்ட சேர்மக் கரைசல் ஒன்றை நிரப்பி ஆய்வியைத் தக்க கோணத்தில் திருப்பினால், புலனாகாமல் தடைப்பட்டிருந்த ஒளி ஆய்வியின் வழியே தென்படும். இவை ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மங்கள் எனப்படும். ஒளி புலனாவதற்குத் தக்க ஆய்வி திருப்பப்படும் கோணம், ஒளிச்சுழற்சிக் கோணம் எனப்படும்.

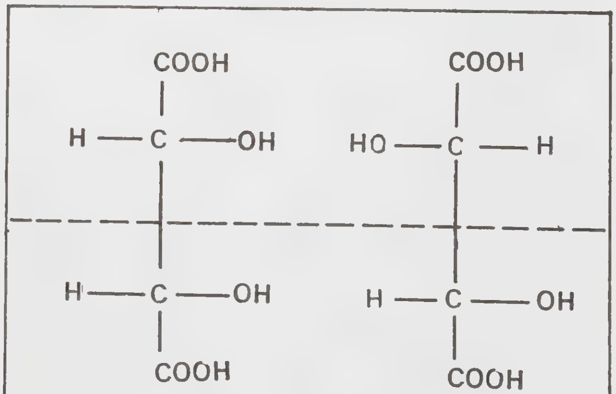
திராட்சையின் சாற்றிலிருந்து தயாரிக்கப்பட்ட டார்ட்டாரிக் அமிலத்தை ஒளிமுனைவுத் திருப்பு அளவிக்குழாயிலிட்டு நோக்கியபோது ஆய்வி வலக்கைப் புறமாகத் திரும்பியது. வேறொருவகைத் திராட்சைச் சாற்றிலிருந்து தயாரிக்கப்பட்ட அமிலத்தை ஆய்வுக்குட்படுத்தியபோது அது ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையின்றி இருந்தது. அதற்கு இடவலம்புரி அமிலம் (nacemic acid) என்று பெயர். திராட்சைக் கொத்து என்று பொருள்படுவதான ரசமஸ் என்ற இலத்தீன் சொல்லை அடிப்படையாகக் கொண்டு இச்சொல்லாக்கம் அமைந்தது. டார்ட்டாரிக் அமிலமும் இட வலம்புரி அமிலமும் ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையில் மாறுபட்டனவே தவிரப் பிற பண்புகளில் அவை வேறுபட்டிருக்க வில்லை. இரண்டும் ($C_4H_6O_6$) என்னும் மூலக்கூறு வாய்பாட்டையே பெற்றுள்ளன. எனவே இவை இரண்டும் மாற்றியங்களாகத்தான் (isomers) இருக்க வேண்டும் எனலாம்.

1848 இல் லூயி பாஸ்ச்சர் இவற்றிடையே உள்ள வேறுபாடுகளை ஆரய்ந்தார். இட வலம்புரி அமிலத்தை ஒரு காரச் சேர்மத்துடன் வினைப்படுத்தி உப்புப் படிகங்களாக மாற்றினார். படிகங்களைக் கூர்ந்து கவனித்ததில் அவை தோற்றத்தில் ஒன்றுக்கொன்று மாறுபட்டுள்ளமையைக் கண்டார். வெவ்வேறு தோற்றம் கொண்டவற்றை வகைப் பிரித்ததில் இரு கூறுகள் கிடைத்தன. ஒரு கூறு படிகங்களை நீரில் கரைத்து ஒளிமுனைவுத் திருப்பு அளவியில் ஆராய்ந்ததில் அவை ஆய்வியை வலக்கைப்புறமாகத் திருப்பும் வலஞ்சுழித் திறனைக் கொண்டிருந்தன. பிறிதொரு கூறைச் சேர்ந்தவை இடஞ்சுழித் திறன் கொண்டிருந்தன. இருவகைக் கூறுகளின் ஒளிச்சுழற்சிக் கோணங்களும் சமமாக இருந்தன. பிற இயற்பியல், வேதிப் பண்புகள் அனைத்திலும் அவை ஒத்திருந்தன.

ஒளிச்சுழற்சிப் பண்பில் வேறுபட்டிருந்து, சுழற்சிக் கோணங்கள் சமமாக இருந்தால் அல்லது இரு வகைச் சேர்மங்களையும் சம அளவுகளில் கலந்தால் கிடைக்கும் கலவை ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையின்றி இருக்கும் என்று அவர் கண்டறிந்தார். பிற அனைத்துப் பண்புகளிலும் ஒத்திருந்தாலும், மூலக்கூறு வாய்பாடு ஒன்றேயான இவ்வகை மாற்றியங்கள் தங்கள் மூலக்கூறுகளின் மாறுபாடான அணு-அமைப்பு முறையைக் கொண்டுள்ளன என்பதை அவர் கண்டறிந்தாலும், அவ்வாறான அமைப்பு வேறுபாடுகளை அவருக்குப் பின்னர் வந்த அறிவியலாரே தெளிவுபடுத்தினர். திசைமுகப்படுத்தப்பட்ட ஒளியை வலக்கைப்புறமாகத் திருப்பும் தன்மை கொண்டவை வலஞ்சுழிச் சேர்மங்கள் எனவும், இடக்கைப்புறமாகத் திருப்புபவை இடஞ்சுழிச் சேர்மங்கள் எனவும் குறிக்கப்படுகின்றன. காட்டாக, குளுகோஸ் வலஞ்சுழிச் சேர்மம்; கொய்னா இடஞ்சுழிச் சேர்மம்; இரண்டுக்கும் வெவ்வேறு ஒளிச்சுழற்சிக் கோணங்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு சேர்மமும் மூலக்கூறுகளின் அமைப்புக்கு ஏற்ப வெவ்வேறான ஒளிச்சுழற்சிக் கோணம் கொண்டிருக்கும். சேர்மத்தின் இயல்பு, திசைமுக ஒளி செல்லும் கரைசல் படலத்தின் நீளம், ஒளிக்கதிரின் அலை நீளம், கரைசலின் அடர்த்தி. கரைசலின் வெப்பநிலை ஆகிய காரணக் கூறுகளைச் சார்ந்து சுழற்சிக் கோணம் அமையும்.

மூலக்கூறுகளில் அணுக்கள் அல்லது அணுத் தொகுதிகள் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும் முறையைச் சார்ந்து சேர்மத்தின் ஒளிச்சுழற்சித் திறன் அமைகிறது. மூலக்கூறுகளைச் சமச்சீரானவை, சமச்சீரற்றவை எனப் பகுக்கலாம். மூலக்கூறுகளில் இத் தன்மையை உருவாக்கும் காரணிகள் சமச்சீர்மைத் தளம் (plane of symmetry), சமச்சீர்மை மையம் (centre of symmetry) என்பனவாகும்.

ஒரு மூலக்கூறை இரு சம பகுதிகளாகப் பிரிக்க முடிந்து, அப்பகுதிகள் ஒன்றுக்கொன்று ஆடிப் பிம்பங்களாகப் பிரிக்க முடிந்து, அப்பகுதிகள் ஒன்றுக்கொன்று ஆடிப் பிம்பங்களாக அமையுமானால்

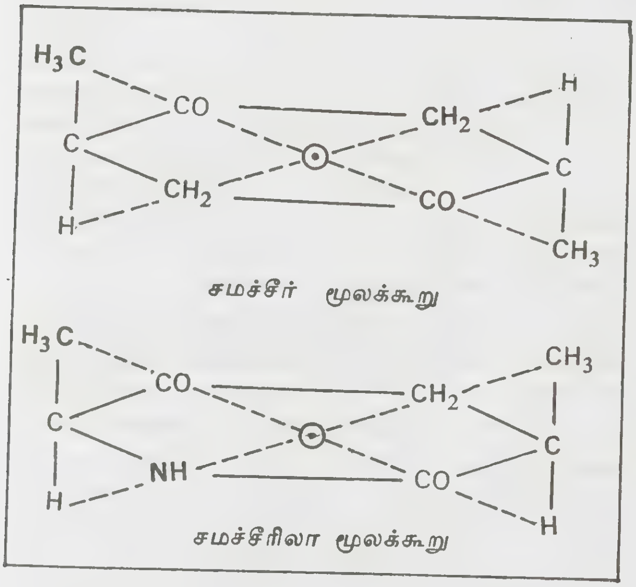


சமச்சீர் மூலக்கூறு சமச்சீரிலா மூலக்கூறு

அவ்வாறு பிரிக்கப்பட அடிப்படையாகும் தளத்திற்குச் சமச்சீர்மைத் தளம் என்று பெயர். சமச்சீர்மைத் தளம் கொண்ட மூலக்கூறு சமச்சீர் மூலக்கூறு என்றும், அவ்வாறில்லாத மூலக்கூறு சமச்சீரிலா மூலக்கூறு என்றும் கூறப்படும். சமச்சீர் மூலக்கூறின் ஒரு பாதி மற்றொரு பாதியின் கண்ணாடிப் பிம்பத்தின் மேற்பொருந்தும் (superimposable) அமைப்புடையது. ஆனால் சமச்சீரிலா மூலக்கூறின் பாதி அவ்வாறான பிம்பத்தின்மேல் பொருந்துவதில்லை.

டார்ட்டாரிக் அமிலத்தின் மாற்றியங்கள் வெவ்வேறு வடிவமைப்புக் கொண்டுள்ளன. இதன் சமச்சீர் மூலக்கூறு வடிவையும் சமச்சீரிலா மூலக்கூறு வடிவையும் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

இவ்வாறே சமச்சீர்மை மையத்தையும் விளக்கலாம். மூலக்கூறு வடிவின் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒரு திசையில் கோடு இழுத்தால் எதிர்ப்படும் அணுக்கள் அல்லது அணுத்தொகுதிகள், அதன் எதிர்த்திசையில் கோடு இழுக்கப்பட்டால் தொலைவில் அதே அணுக்களோ அணுத்தொகுதிகளோ அமைந்திருக்குமானால் அப்புள்ளி சமச்சீர்மை மையம் எனப்படும். இதைப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகள் விளக்கும்.



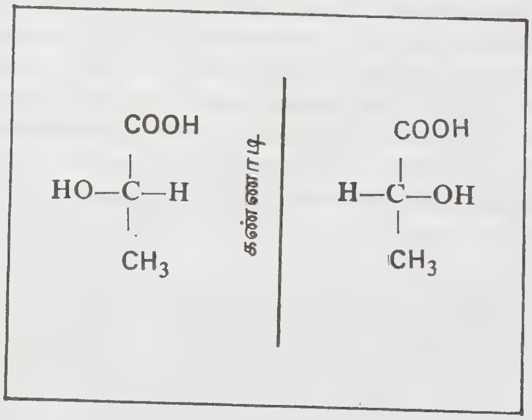
சமச்சீர் மூலக்கூறு

சமச்சீரிலா மூலக்கூறு

வான்ட் ஹாஃப்-பெல் கருத்துக்கேற்ப, கரிமச் சேர்மங்களின் கார்பன் அணு மையமாக அமைந்திருக்க அதன் நான்கு பிணைப்புகளும் நான்முகி மூலைகளை நோக்கித் திசைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு மூலக்கூறில் நான்கு பிணைப்புகளும் வெவ்வேறான அணுக்களுடனோ அணுத்தொகுதிகளுடனோ இணைக்கப்பட்டிருந்தால் அந்தமூலக்கூறு சமச்சீரிலா மூலக்கூறு எனப்படும். அவ்வாறான கார்பன் அணு சமச்சீரில்லா கார்பன் (assymetric carbon) எனப்படும். சமச்சீரிலா மூலக்கூறு வடிவமும் அதன் ஆடிப் பிம்பமும் மாற்றியங்களாக அமையும் அவை இரண்டும் மேற்பொருத்தம் அற்றவையாக இருக்கும்.

ஒளிச்சுழற்சித் தன்மை பெற்றிருக்கும் மூலக்கூறுகளில் சமச்சீரிலாக் கார்பன்அணுவில் ஏதேனும்ஒன்றே இருக்கும். இத்தகைய மூலக்கூறுகள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மாறிய அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன. மாற்றியங்களின் மூலக்கூறு வாய்பாடுகளும் அமைப்பு முறைகளும் ஒன்றையொன்று ஒத்துள்ளன. இவை இயற்பியல், வேதிப் பண்புகளில் வேறுபடாமல் ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையில் மட்டும் வேறுபடுகின்றன. இவ்வ ஒளிசார் மாற்றியங்கள் (enantiomers) எனப்படும். மூலக்கூறுகளின் இப் பண்பு ஒளிசார் மாற்றியத்தன்மை என்று குறிப்பிடப்படுகிறது.

சமச்சீரிலாக் கார்பன் அணு ஒன்று கொண்ட ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மத்திற்கு எடுத்துக்காட்டு லாக்டிக் அமிலமாகும். இதில் கார்பனுடன் H,OH,CH_3, COOH ஆகிய வெவ்வேறான அணுக்களும், அணுத்தொகுதிகளும் இணைந்துள்ளன. இச்சேர்ம மூலக்கூறு பின்வரும் இரு அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளது. இவ்விரு அமைப்புகளும் தங்களுக்குள் மேற்பொருத்தமின்றி உள்ளன. ஒன்றின் கண்ணாடிப் பிம்பமாக மற்றது அமைந்துள்ளது. ஒரு வடிவம் மற்றதன் ஆடிப் பிம்பத்துடன் மேற்பொருத்தம் கொண்டிருப்பதை அறிந்துகொள்ளலாம்.



மேற்குறிப்பிட்டதில் ஒன்று வலஞ்சுழி லாக்டிக் அமிலமாகவும், மற்றது இடஞ்சுழி லாக்டிக் அமிலமாகவும் இருக்கும். வலஞ்சுழி அமைப்பு (+) அல்லது d-எனும் குறியீட்டாலும், இடஞ்சுழி அமைப்பு (—) அல்லது l-என்ற குறுயீட்டாலும் குறிக்கப்படுகின்றன. (+)அமிலம் திசைமுக ஒளியை வலக்கைப்புறமாகவும், (—) அமிலம் அதை இடக்கைப் புறமாகவும் திருப்புகின்றன. இவை இரண்டும் தவிர மூன்றாம் வகையான லாக்டிக் அமிலமும் உண்டு. இது ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையின்றி உள்ளது. இது d-லாக்டிக்

அமிலமும் l-லாக்டிக் அமிலமும் சம பங்குகளில் கலந்த தனிக் கலவையாகும். ஒவ்வொரு வடிவமைப்பிலும் சமபங்கு கலந்திருப்பதால் வலஞ்சுழிச் சேர்மத்தின் ஒளிசார் இயல்பும் இடஞ்சுழிச் சேர்மத்தின் ஒளிசார் இயல்பும் சமமாகி ஒளிச்சுழற்சியற்ற கலவை கிடைக்கிறது. இந்த இட வலம்புரி நடுநிலைக் கலவை அதன் ஒளிசார் தன்மை சார்ந்து dl- லாக்ட்டிக் அமிலம் அல்லது சுழிமாய் லாக்ட்டிக் அமிலம் எனப்படுகிறது. d-லாக்ட்டிக் அமிலமும் l-லாக்ட்டிக் அமிலமும் திசைமுக ஒளியை வழித் திருப்புவதில் எதிரெதிர்த்திசை கொள்கின்றன என்றாலும் அவ்வாறான ஒளிச்சுழற்சிக் கோணங்கள் இரண்டும் சமமே. அவை அனைத்துப் பண்புகளிலும் ஒத்திருக்கின்றன. உருகுநிலை, கரைதிறன், இருமுனைத் திருப்புத்திறன் (dipolemoment) ஆகியவற்றில் இரண்டுக்கும் எவ்வித வேறுபாடும் இல்லை. இட வலம்புரி நடுநிலை அமிலத்தின் பண்புகளும் அவற்றுடன் ஒத்துள்ளன. வினைவேக அளவுகளிலும் இவற்றிடையே எவ்வேறுபாடும் இல்லை.

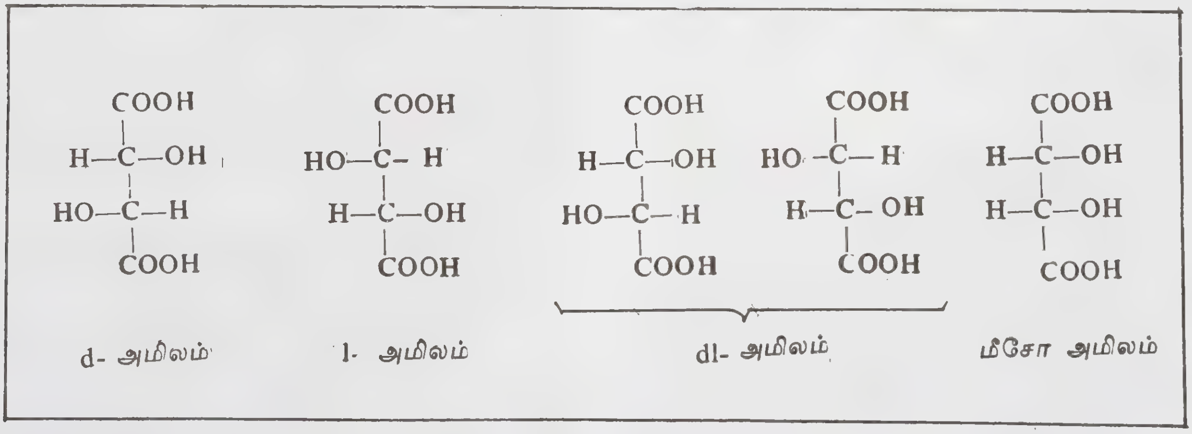
l-லாக்ட்டிக் அமிலம் புளித்த நிலையிலான பாலில் உள்ளது. d-லாக்ட்டிக் அமிலம் விலங்கின உடலில் தசைகள் இயங்கும்போது சுரக்கிறது, ஆய்வுக்கூடத்தில் செயற்கைத் தொகுப்புமுறையில் தயாரித்தால் கிடைப்பது இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையான (nacemic mixture) dl-லாக்ட்டிக் அமிலமேயாகும். இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையிலிருந்து d-அமிலத்தையும் l-அமிலத்தையும் பிரித்தெடுக்க வெவ்வேறு வழிமுறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

சமச்சீரிலா இரு கார்பன் அணுக்கள் அமைந்த மூலக்கூறுகளுக்கு எடுத்துக்காட்டாக டார்ட்டாரிக் அமிலத்தைக் கூறலாம். அந்தக் கார்பன் அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும் COOH, H, OH, CHOH ஆகியவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. டார்ட்டாரிக் அமிலம் நான்கு வெவ்வேறான மாற்றியங்களைக் கொண்டுள்ளது. அவற்றில் இரண்டு, ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையுடனும், ஏனையவை ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையற்றும் உள்ளன. d-டார்ட்டாரிக் அமிலமும் l-டார்ட்டாரிக் அமிலமும் ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையுடையவை. ஒளிச்சுழற்சியற்ற மூன்றாம் மாற்றியம் dl-டார்ட்டாரிக் அமிலமாகும். நான்காம் மாற்றியமான மீசோ-டார்ட்டாரிக் அமிலம் என்பதும் ஒளிச்சுழற்சி அற்றதாகும். இந்நான்கு மாற்றியங்களும் பின்வருமாறு குறிக்கப்படுகின்றன.

d-டார்ட்டாரிக் அமிலம் இரண்டு வலஞ்சுழிக் கார்பன் அணுக்களையும், l-டார்ட்டாரிக் அமிலம் இரண்டு இடஞ்சுழிக் கார்பன் அணுக்களையும், கொண்டுள்ளன. இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையான dl-டார்ட்டாரிக் அமிலத்தில் d-அமிலமும் l-அமிலமும் சமபங்கு கலந்து, எதிரெதிர்த் தன்மையால் சமனமாகி ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையை இழக்கின்றன. இதைப் புறச் சமம் (external compensation) என்பர். புறச் சம அமைப்பினாலான இடவலம்புரி நடுநிலை டார்ட்டாரிக் அமிலத்தை d-அமிலம் என்றும் l-அமிலம் என்றும் உரிய வழி முறைகளைக் கையாண்டு தனித்தனியாகப் பிரித்துவிடலாம்.

நான்காம் மாற்றியமான மீசோ-டார்ட்டாரிக் அமிலத்தின் வடிவமைப்பில் ஒரு கார்பன் அணு வலஞ்சுழி அமைப்புடனும், மற்றொன்று இடஞ்சுழி அமைப்புடனும் உள்ளன. மூலக்கூறுக்குள்ளேயே வலஞ்சுழியும் இடஞ்சுழியும் அமைந்து ஒளிச்சுழற்சித் தன்மைகளும் அளவுகளும் சமமாகிவிடுகின்றன. இதனால் மூலக்கூறு ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையற்றதாகிவிடுகிறது. இவ்வாறு மூலக்கூறுக்குள்ளேயே சமமாகும் நிலையை அகச் சமம் (internal compensation) என்பர்.

ஒளிச்சுழற்சித் தன்மைகொண்ட ஒரு சேர்மத்தைச் சூடாக்கினாலோ, ஆற்றல் வாய்ந்த ஒளிக் கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தினாலோ அந்த இயல்பு மறைகிறது. சேர்மம் இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையாக மாற்றப்படுவதே அதற்குக் காரணம். ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மம் இவ்வாறு இடவலம்புரி நடுநிலைக்கலவையாக



மாற்றப்படுவதற்கு இடவலம்புரி நடுநிலையாக்கல் (racemisation) என்று பெயர். ஒளிச் சுழற்சிச் சேர்மத்தின் சரிபாதி அளவை எதிர்வடிவமைப்புக்கு உள்ளாக்கினால் இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவை கிடைக்கும். சேர்மத்தைச் சூடாக்கி இம்மாற்றத்தை நிகழ்த்த முடியும். சில சேர்மங்கள் சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு போன்ற காரங்களுடன் சேர்த்துச் சூடாக்கப்பட்டால் இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவைகளைத் தருகின்றன. வேறு சில சேர்மங்கள் காலப்போக்கில் தாமாகவே மாற்றமடைந்து இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையாகி விடுகின்றன. d-டார்ட்டாரிக் அமிலத்தைக் காற்றுப் புகாதபடி நன்கு மூடப்பட்ட கலனில் அடைத்துச் சூடாக்கினால் dl-கலவை கிடைக்கிறது. d-ஃபினைல் புரோமோ அசெட்டிக் அமிலம் என்னும் ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மத்தைப் பென்சீனில் கரைத்துச் சாதாரண வெப்பநிலையிலேயே மூன்று ஆண்டுகள் வைத்திருந்தால் தன் போக்கிலேயே மாற்றம் நிகழ்ந்து இட வலம்புரி நடுநிலைக் கலவை கிடைக்கிறது.

இதற்கு மாறாக, இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையிலிருந்து ஒளிச்சுழற்சித் தன்மையான எதிரெதிர் அமைப்புகளைத் தனித்தனியே பிரித்தெடுப்பதற்கு இடவலம்புரி நடுநிலைக்கலவைப் பிரிப்பு என்று பெயர். இதற்குப் பல உத்திகள் உள்ளன.

லூயி பாஸ்ச்சர் 1848 இல் நேரடிப் பிரிப்பு முறையைக் கையாண்டார். இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையை ஒரு காரச் சேர்மத்துடன் வினைப்படுத்தி உப்புப் படிகங்களைப் பெற வேண்டும். படிகங்களின் தோற்ற வேறுபாடு கண்டு, அவற்றைப் பிரித்த முறையே அவர் கையாண்டதாகும். இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவையை ஒரு கரைப்பானில் கரைத்துப் பின்னர் கரைப்பானை ஆவியாக்கிக் கரைசலைச் செறிவுபடுத்தினால் சேர்மத்தின் படிகங்கள் கிடைக்கும். இப்படிகங்கள் இருவகைத் தோற்ற அமைப்பைக் கொண்டிருக்கும். உருப்பெருக்கியின் உதவியால் சிறிய இடுக்கி ஒன்றைப் பயன்படுத்தி, தோற்ற அமைப்பு வேறுபாடுகளின் அடிப்படையில் இரு வகைப் படிகங்களையும் பிரித்துவிடலாம். ஒவ்வொரு படிகமாக நுணுகிக் கண்டு பிரிக்க வேண்டியிருப்பதால் அயர்வு தரும் இம் முறை இப்போது கையாளப்படுவதில்லை.

இடவலம்புரி நடுநிலைப் பிரிப்புக்கு வேதிமுறை சிறந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. இம்முறைப்படி, கலவையை மற்றோர் ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மத்துடன் வினைப்படுத்தினால் வெவ்வேறு தன்மையுள்ள இரு விளைபொருள்கள் கிடைக்கின்றன. அவற்றை இயற்பியல் முறையில் பிரித்து, அவற்றிலிருந்து எதிரெதிர் வடிவமைப்புள்ள மாற்றியங்களைப் பிரித்துக் கொள்ள முடியும். திராட்சைச் சாற்றிலிருந்து கிடைக்கும் இடவலம்புரி டார்ட்டாரிக் அமிலத்திலிருந்து இரு கூறுகளைப் பெறுவதை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். d-புரூசின் என்ற சேர்மம் இதற்குச் சான்றாகும். இச்சேர்மத்தை இடவலம்புரி டார்ட்டாரிக் அமிலத்துடன் வினைப்படுத்தினால் இரு வகை உப்புகள் விளைபொருள்களாகக் கிடைக்கின்றன. இந்த இருவகை உப்புகளும் வெவ்வேறு செறிவுகளில் படிகங்களாக வீழ்படியும். பகுதிப் படிகமாக்கல் என்னும் இயற்பியல் முறையைக் கையாண்டு இரு உப்புகளும் பிரிக்கப்படுகின்றன. பிரிக்கப்பட்ட படிகக் கூறுகளைத் தனித்தனியே ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்துடன் வினைப்படுத்தினால் நீராற்பகுப்பு நிகழ்ந்து d-டார்ட்டிரிக் அமிலமும் l-டார்ட்டிரிக் அமிலமும் தனித்தனியே கிடைக்கும்.

மற்றொரு பிரிப்புமுறையில் நுண்ணுயிரிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாக்ட்டீரியா, ஈஸ்ட் முதலிய நுண்ணுயிரிகளில் ஏதேனும் ஒன்றை இட வலம்புரி நடுநிலைக் கலவையினுள் இட்டால் அது குறிப்பாக ஒரு மாற்றியத்தை மட்டும் உண்டு வளர்கிறது. எஞ்சியிருப்பது நுண்ணுயிரியால் உண்ணப்படாத மாற்றியம் என்பதால் அதைப் பிரித்துப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். காட்டாக, பென்சிலியம் க்ளவுகம் என்னும் நுண்ணுயிரியை இடவலம்புரி டார்ட்டாரிக் அமிலத்தில் (அமிலத்தின் அம்மோனிய உப்பு உருவில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்) வளரவிட்டால் அது d-டார்ட்டாரிக் அமிலத்தை மட்டும் உண்டு வளர்கிறது. எஞ்சி நிற்பது l-டார்ட்டாரிக் அமிலம். இம்முறை எளிதாக இருந்தாலும் ஒரு பகுதி இழக்கப்பட்டுக் கலவையின் பாதிப்பகுதி மட்டுமே கிடைக்கிறது.

சேர்மத்தின் ஒளிச்சுழற்சித் திறனை ஒளி முனைவுத் திருப்பு அளவி மூலம் கணக்கிடலாம். இக்கருவியில் இரு நைக்கால் முப்பட்டைகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். திசைமுகி, ஆய்வி என்னும் இவ்விரண்டிற்கும் இடையே குழாய்க்கலன் அமைந்திருக்கும். சுழன்று இயங்கும் ஒரு தளத்தின்மீது ஆய்வி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. திசைமுகி வழியாக உள் நுழைந்த ஒற்றை நிற ஒளி (monochromatic) திசைமுகப்படுத்தப்பட்டுக் குழாய்க்கலனைக் கடந்து ஆய்வியின் வழியே வெளியேறுகிறது. முப்பட்டைகளும், கலனும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமைந்து ஒளியின் போக்கில் எம்மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தாதுள்ளன. ஆய்வியின் வழியே ஒளிக்கற்றையை நேரில் காணமுடியும். இப்போது சுழல்தளத்தில் ஆய்வியின் கோண இருப்பு பூஜ்யமாகும்.

ஆய்வுக்குட்படும் சேர்மக் கரைசலைக் குழாயினுள் காற்றுக் குமிழி இல்லாதவாறு நிரப்பி, அதன் பின் ஒற்றை-நிரல் ஒளியை உட்செலுத்த வேண்டும். இப்போது ஆய்வியின் மூலமாகக் கண்டால் ஒளி தடைப்பட்டுப் புலனாகாமலிருக்கும். முன்போலவே ஒளிக்கற்றைப் புலனாக ஆய்வியை வலஞ்சுழியாகவோ இடஞ்சுழியாகவோ நகர்த்தும் வகையில்

சுழல் தளத்தைத் திருப்ப வேண்டும். வலக் கைப்புற மாகக் குறிப்பிட்ட கோணம் நகர்ந்ததும் ஒளிக் கற்றை புலப்பட்டால் கரைசலில் உள்ளது வலஞ் சுழிச் சேர்மம் என்றும் இடக்கைப்புறமாக நகர நேர்ந்தால் அது இடஞ்சுழிச் சேர்மம் என்றும் அறியலாம். எந்த அளவுக்கு ஆய்வி நகர்த்தப்படு கிறதோ அந்தக் கோணம்தான் சேர்மத்தின் ஒளிச் சுழற்சிக் கோணம் ஆகும். இந்தக் கோண அளவைக் கொண்டு சேர்மத்தின் ஒப்புமைச் சுழற்சி (specif c rotation) கணக்கிடப்படுகிறது. ஒரு மில்லி லிட்டர் கரைப்பானுக்கு ஒரு கிராம் சேர்மம் என்ற அளவில் கரைசலின் பத்துச் செண்டி மீட்டர் படலத்தினூடே ஒற்றை-நிற ஒளியைச் செலுத்தினால் நிகழும் திசை மாற்றக் கோணம் அச்சேர்மத்தின் ஒப்புமைச் சுழற்சி எனப்படும். காட்டாக, அமைல் ஆல்கஹாலின் ஒப்புமைச் சுழற்சியைக் கூறலாம்.

$$[\alpha]_D^{20} = -\ 5.756°$$

அதாவது, சோடிய D ஒளிக்கற்றையைத் திசைமுகப் படுத்தி அமைல் ஆல்கஹாலின் குறிப்பிட்ட செறிவுக் கரைசலோடு 20° C வெப்பநிலையில் செலுத்தியபோது 5.756° இடஞ்சுழி ஒளிச்சுழற்சி ஏற்பட்டமை புலனா கிறது.

மூலக்கூறுகளில் அணுக்களும் அணுத்தொகுதி களும் அமைந்திருக்கும் வைப்பு முறையை அறிய ஒளிச்சுழற்சி வினை உதவுகிறது. சேர்மங்களின் மூலக் கூறுகளை ஒப்பிட்டறிய ஒப்புமைச் சுழற்சியைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். சர்க்கரை ஆலைகளில் தயாரிக்கப்படும் சர்க்கரையின் தரத்தைக்காண ஒளிச் சுழற்சி வினை பயன்படுகிறது.

சமச்சீரிலாக் கார்பன் அணு இல்லாவிட்டாலும் ஒளிச்சுழற்சித் தன்மை கொண்ட சில மூலக்கூறுகளை அறிவியலார் ஆராய்ந்துள்ளனர். அளவில் பெரியதாக அமைந்து, அதன் இரு பகுதிகள் தளச்சீர்மை பெறா திருந்தால் அந்த மூலக்கூறு ஒளிச்சுழற்சித் திறன் கொள்கிறது. வெள்ளீயச் சேர்மங்கள், அல்லீன்கள், ஸ்பைரேன்கள் முதலியன இதற்கு எடுத்துக்காட்டு கள்; கரியைப் போலவே நைட்ரஜன், சிலிக்கான், வெள்ளீயம், ஜெர்மானியம் முதலிய தனிமங்கள் அடங்கிய சில ஒளிச்சுழற்சிச் சேர்மங்களும் ஆய்வுக் கூடங்களில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன.

- ருத்ர. துளசிதாஸ்

ஒளியியல், நேரிலா

மின்காந்தக் கதிர்வீச்சும் பருப்பொருளும் இடை வினை செய்யும்போது பொருள் படுகதிர் வீச்சுப் புலங்களுக்கு நேர்போக்கில்லாத முறையில் மறு விளைவு காட்டுவதை விளக்குவது நேரிலா ஒளியியல் (nonlinear optics) எனப்படும். இத்தகைய நேர்போக் கில்லாத மறுவிளைவு, கதிர்வீச்சுப் புலங்களின் பரவல் பண்புகளில் செறிவு சார்ந்த மாற்றங்களை ஏற்படுத் தக்கூடும் அல்லது புதிய அதிர்வெண்களுள்ள கதிர் வீச்சுப் புலங்களை உண்டாக்கக்கூடும். நேர் போக் கில்லா விளைவுகள் திண்மங்களிலும், நீர்மங்களிலும், வளிமங்களிலும், பிளாஸ்மாக்களிலும் கூட உண்டாக லாம். அவற்றில் ஒன்று அதற்கு மேற்பட்ட மின்காந் தப் புலன்களும் ஊடகத்தின் உள்ளிடக் கிளர்வுகளும் கூடப் பங்கேற்கலாம். நேர்போக்கில்லா இடைவினை கள் தொலைக்கீழ்ச்சிவப்பு (farIR) முதல் வெற்றிடப் புற ஊதா வரையுள்ள அலை நீளங்களில் நிகழ்கின் றன. சில இடைவினைகள் எக்ஸ் கதிர் நெடுக்கத்தில் கூடக் காணப்பட்டன. நேர்போக்கில்லா ஒளியியல் லேசர்களுக்கு முன்பே கண்டுபிடிக்கப்பட்ட போதும், அத்துறையில் செய்யப்படும் பெரும்பாலான ஆய்வு களுக்கு உயர் ஆற்றல் கொண்ட லேசர் கற்றைகள் உதவி வருகின்றன.

அனைத்துப் பொருள்களிலுமே பலவகையான நேர்போக்கில்லாத விளைவுகள் காணப்படுகின்றன. ஊடகத்தின் மறு விளைவைப் படுகதிரின் மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களில் ஒரு வலிய தொடராக (power series) விரிப்பதன் மூலம் கணித அடிப்படையில் விவரிப்பது வசதியானதாக இருக்கும். இதில் நேர் போக்கான பதங்கள் (terms), நேர்போக்கான ஒளி விலகு எண், நேர் போக்கான உட்கவர்ச்சி, ஊடகத் தின் காந்த உட்புகு திறன் ஆகியவற்றை உண்டாக்க முடியும். உயர் வரிசைப் பதங்கள் நேர் போக்கில்லாத விளைவுகளை உண்டாக்குகின்றன. சில நேர் போக் கற்ற காந்த ஏற்புத்திறன்கள் (susceptibilities), விரிப் பில் நேர் போக்கற்ற இடைவினைகளின் வலிமையை விளக்கும் குணகங்கள் போன்ற அளவுகள் சில பொருள்களில் நேரடியாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன. குறிப்பாக அணுத் தன்மையிலும் மூலக்கூற்றுத் தன்மையிலுமுள்ள வளிமங்கள், சில படிகங்கள் ஆகிய வற்றில் பல்வேறு தத்துவங்களைப் பயன்படுத்தி இக் கணக்கீடுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஆனாலும் பொது வாக நேர் போக்கற்ற குணகங்கள் ஆய்வு மூலமே அளவிடப்படும்.

பொதுவாகப் படுகதிரின் மின்புலத்துடன் தொடர்புள்ள நேர்போக்கற்ற விளைவுகள், காந்த இடைவினைகளின் மேல் ஆதிக்கம் செலுத்துகின்றன. முனைவாக்கம் (polarisation) எனப்படும் ஊடகத் தின் மின் இருமுனை மறுவிளைவு தொடர்பான விளைவுகள், பொதுவாக மின்புல இடைவினைகளில் மிகுந்த சிறப்புப் பெற்றவை. சமச்சீர்மை மையம் இல்லாத ஊடகங்களைத் தவிரப் பிறவற்றில் இரட் டைப் படை வரிசை இரு முனைக்காந்த ஏற்புத் திறன்கள் சுழியாகும். சில குறிப்பிட்ட வகைப்

படிகங்கள், வெளி விசைகள் செலுத்தப்பட்ட சமச்சீர்மை ஊடகங்கள், சில குறிப்பிட்ட வெவ்வேறு பொருள்கள் சந்திக்கும் பரப்புகள் ஆகியவை சமச்சீர்மை மையமில்லாதவை.

சமச்சீர்மை இருந்தாலும் இல்லாவிட்டாலும் அனைத்துப் பொருள்களிலும் ஒற்றைப்படை வரிசைப் பதங்கள் சுழியாக இல்லாமலிருக்கலாம். இடைவினையின் வரிசை மிகும்போது, நேர் போக்கற்ற காந்த ஏற்புத்திறன்களின் எண்மதிப்பு விரைந்து குறைகிறது. நேர்போக்கற்ற இடைவினைகளில், இரண்டாம் வரிசை மூன்றாம் வரிசை விளைவுகள் விரிவாக ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளன. 29ஆம் வரிசை வரை விளைவுகள் காணப்பட்டுள்ளன. மின்கடவாத்தன்மை முறிவு, உட்கவர்ச்சிப் பூரிதம் போன்ற சூழ்நிலைகளில் வெவ்வேறு வரிசை விளைவுகளைப் பிரித்தறிய முடியாது. மறு விளைவில் அனைத்து வரிசைகளையும் சேர்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இரண்டாம் வரிசை விளைவு. இவற்றில் dE^2 என்னும் அளவைச் சார்ந்த ஒரு முனைவாக்கம் தொடர்புடையதாகும். இதில் E என்பது ஒளி அலைகளின் மின்புலம். d என்பது நேர் போக்கற்ற ஏற்புத்திறன். இரண்டாம் வரிசை முனைவாக்கத்தில் படுகதிர் அதிர்வெண்களின் கூட்டுத்தொகைக்கும் வேறுபாட்டிற்கும் சமமான அதிர்வெண்களுடன் அதிர்வு செய்யும் ஆக்கக்கூறுகளும், அதிர்வு செய்யாத ஓர் ஆக்கக்கூறும் அடங்கியுள்ளன. அதிர்வுசெய்யும் ஆக்கக்கூறுகள் ஊடகத்தில் ஒரு பரவும் முனைவாக்க அலையை உண்டாக்குகின்றன. அதில் படுஅலைகளின் பரவல்திசையன்களின் கூட்டுத்தொகையாகவோ வேறுபாடாகவோ உள்ள ஒரு பரவல் திசையன் உள்ளது. மூவலைத் துணை அலகுக்கலப்பு (three wave parametric mixing) என்னும் செயல் முறையில், நேர் போக்கற்ற முனைவாக்க அலை நேரிணையான அதிர்வெண்ணுள்ள ஓர் ஒளி அலையைத் தோற்றுவிக்கும் மூலமாகச் செயல்படும்.

கட்டப்பொருத்தம். முனைவாக்க அலையின் கட்டத்திசைவேகம், அதே அதிர்வெண்ணுள்ள ஒரு தன்னிச்சையாகப் பரவும் அலையின் கட்டத் திசைவேகத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்போது பெருமவலிவுள்ள இடை வினை நிகழ்கிறது. அத்தகைய செயல்முறை, கட்டப்பொருத்தம் (phase matching) உள்ளதாகச் சொல்லப்படும். அனைத்துப் பொருள்களிலும் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் எண்ணில் பிரிகை வழக்கமாகக் கட்டப்பொருத்தம் ஏற்படுவதைத் தடுத்துவிடும். இதைத் தவிர்க்கத் தனிச் செயல் முறைகளை மேற்கொள்ள வேண்டும். ஒரு நேர் கோட்டில் அமையாத கற்றைகளையும்,.கால முடிவில் மாறும் கட்டமைப்புள்ள பொருள்களையும் பயன்படுத்துவதன் மூலமும், ஓர் உட்கவர் விளிம்பின் அருகில் முரணிய பிரிகையை ஏற்படுத்தியும், ஒரு காந்தப் புலத்தில் தன்னிச்சையான ஊர்திகளைப் பயன்படுத்தி ஈடு செய்வதன் மூலமும், அல்லது சில படிகங்களின் இரட்டை ஒளி விலக்கத் தன்மையைப் பயன்படுத்தியும் படிகங்களில் கட்டப் பொருத்தம் உண்டாக்கப்படுகிறது.

இரண்டாம் வரிசை இடைவினைகளுக்கு இரட்டை ஒளி விலக்க முறை பரவலாகப் பயன்படுகிறது. அதில் இடைவினை செய்யும் அலைகளில் ஒன்று அல்லது இரண்டு அலைகள் படிகத்திற்குள் அசாதாரணக் கதிராகப் பரவுகின்றன. வெப்பநிலையையும் பரவல் திசையையும் தக்கவாறு அமைத்துக் கட்டப் பொருத்தவிதி முறைகள் ஏற்படுத்தப் படுகின்றன. வழக்கமாக இவ்விதிமுறைகள் தொடர்புடைய தனி அலைகளின் அலை நீளங்களைப் பொறுத்திருக்கும். கட்டப்பொருத்தம் செய்யப்பட்ட மூவலைத் துணை அலகுக்கலப்புக்கான விதிமுறைகள் பின்வருமாறு:

$$\nu_3 = \nu_1 \pm \nu_2, \; K_3 = K_1 \pm K_3$$

இங்கு ν என்பவை அலைகளின் அதிர்வெண்கள்; K என்பவை பரவல் மாறிலிகள் (propagation constants), கட்டப்பொருத்தம் ஏற்பட்டபோது உருவாக்கப்பட்ட அலையின் திறன், கட்டப் பொருத்தமில்லாத இடைவினைகளில் உண்டாக்கப்படும் அலைகளின் திறனைவிடப் பன்மடங்கு மிகுதியாகயிருக்கும்.

அதிர்வெண் கலப்பு. மூவலை அதிர்வெண் கூட்டல், கழித்தல் கலப்பில், ν_1, ν_2 என்னும் அதிர்வெண்களுள்ள இரண்டு அலைகள் ν_3 என்னும் அதிர்வெண்ணுள்ள மூன்றாம் அலையாக மாற்றப்படுகின்றன. இங்கு $\nu_3 = \nu_1 \pm \nu_2$. இவ் வகையில் மிக எளிய இடைவினை, இரண்டாம் அடுக்குச் சுர உருவாக்கம் (second harmonic generation) ஆகும். அதில் $\nu_3 = 2\,\nu_1$ ஆகும். இந்த இடைவினையில் கட்டப் பொருத்த நிபந்தனை $n_3 = \frac{n_1}{2} + \frac{n_2}{2}$ என ஆகி விடுகிறது. இங்கு n_3 என்பது மேற்சுர அலை நீளத்தில் ஒளிவிலகல் எண். n_1, n_2 ஆகியவை அடிப்படை அதிர்வெண்ணில் படுஅலைகளின் ஒளி விலகல் எண்கள். துடிப்பு லேசர் கதிர்களைப் பயன்படுத்தி இரண்டாம் அடுக்குச் சுர உருவாக்கத்தில் 90%க்கு மேற்பட்ட மாற்றத்திறன் பெறப்பட்டுள்ளது. தொடர் லேசர் கதிர்களைப் பயன்படுத்தும்போது நேர்போக்கற்ற படிகத்தை லேசர் குழியில் வைத்தால் செயலுறுதிறன் மிகுதியாகிறது. இம்முறையில் தொடர் லேசர் கதிர்களுக்கு உள்ளிட, லேசர் திறனில் 80%க்கு மேற்பட்ட அளவு இரண்டாம் அடுக்குச் சுரமாக மாற்றப்பட்டுள்ளது.

நேர்போக்கற்ற படிகங்களின் ஒளி புகும் தன்மைக்கு ஒத்த வகையில் கீழ்ச்சிவப்பிலிருந்து புற ஊதா வரை அலை நீளங்களில் இரண்டாம் மேற்சுர உருவாக்கமும், இரண்டாம் வரிசை அதிர்வெண்

கலப்பும் நிகழ்த்திக் காட்டப்பட்டுள்ளன. அதிர் வெண் கூட்டல் கலப்பு 185 நானோமீட்டர் வரை குறைந்த அலை நீளங்களில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கண்ணுக்குப் புலனாகும் கதிர்களையும் கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களையும் உண்டாக்க அதிர்வெண் வேறுபாட்டுக் கலப்பைப் பயன்படுத்தலாம். இம் முறையில் 2 மி. மீ. வரை அலை நீளமுள்ள கதிர் வீச்சுகள் உண்டாக்கப்பட்டுள்ளன. படு அலைகளில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்ணை மாற்ற முடியுமானால் உருவாக்கப்பட்ட அலையின் அதிர்வெண்ணும் மாற்றக் கூடியதாயிருக்கும். இந்த அமைப்பை உயர் பகுதிறன் நிறமாலையியல் கருவிகளுக்கு ஏற்ற ஒளி மூலமாகப் பயன்படுத்தலாம்.

துணை அலகு உற்பத்தி. இது அதிர்வெண் கூட்டல் கலப்பின் தலைகீழ்ச் செயல்முறையாகும். இதில் ν_3 அதிர்வெண்ணுள்ள ஓர் ஒற்றை உள்ளீட்டு அலை ν_1, ν_3 என்னும் குறைந்த அதிர்வெண்களுடைய இரண்டு அலைகளாக மாற்றப்படுகிறது. இங்கு $\nu_3 = \nu_1+\nu_2$, $K_3 = K_1 \pm K_2$ என்னும் கட்டப் பொருத்த விதிமுறை நிறைவு செய்யப்படுவதைப் பொறுத்து ν_1, ν_2 ஆகியவற்றின் எண்மதிப்புகள் அமையும். பொதுவாக ஒரு குறிப்பிட்ட பரவல் திசைக்கு ஒரு நேரத்தில் இரண்டு அதிர்வெண்களுக்கு மட்டுமே மேற்காணும் விதிமுறை நிறைவு செய்யப் படும். கட்டப்பொருத்த விதிமுறைகளை மாற்றுவதன் மூலம் தனிப்பட்ட உயர் அலை நீளக் கதிர்களின் அதிர்வெண்களை மாற்றலாம். துணை அலகு உருவாக்கத்தைக் குறைந்த அதிர்வெண்ணுள்ள அலைகளை உருப்பெருக்கம் செய்யவும், ஓர் அலை வாங்கியிலும், அதிர்வெண் மாற்றக்கூடிய கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளி அல்லது கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களின் மூலமும் பயன்படுத்தலாம்.

ஒளியியல் திருத்தம். இரண்டாம் வரிசை முனைவாக்கத்தின் அதிர்வடையாத ஆக்கக் கூறு ஒரு மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்குகிறது. இது ஒளியியல் திருத்தம் (optical rectification) எனப்படும். இது மிகச்சிறிய அதிர்வெண்களில் செயல்படும் மின்சுற்றுகளில் ஏற்படும் திருத்தத்தை ஒத்ததே. மிக நுண்ணிய லேசர் துடிப்புகளின் உதவியுடன் மிக நுண்ணிய மின் துடிப்புகளை உண்டாக்க இச்செயல் முறை பயன்படுகிறது. இதன் மூலம் சில பைகோ நொடிகளே (pico seconds) நீடிக்கும் நுண்ணிய மின்துடிப்புகளை உண்டாக்க முடியும்.

மூன்றாம் வரிசை இடைவினை. இவை பல வகையான நேர்போக்கற்ற விளைவுகளை உண்டாக்குகின்றன. நான்கு அலைத் துணை அலகுக் கலப்பில் $\nu_4 = \nu_1 \pm \nu_2 \pm \nu_3$ என்னும் வடிவிலான அதிர்வெண் கூட்டல்-கழித்தல் கூட்டிணைப்புகளின் அதிர்வெண்களைக் கொண்ட அலைகளை உண்டாக்கும் இடைவினைகள் பங்கு கொள்கின்றன. $K_4 = K_1 \pm K_2 \pm K_3$ என்பது இதற்கான கட்டப் பொருத்த விதிமுறையாகும். நேர்கோட்டில் அமையாத கிளர்வூட்டு (pump) ஒளிக் கற்றைகளைப் பயன்படுத்தி நீர்மங்களில் கட்டப் பொருத்தம் வழக்கமாக உண்டாக்கப் படுகிறது. வளிமங்களில் கட்டப் பொருத்தத்தை உண்டாக்க உட்கவர் ஒத்ததிர்வுகளுக்கு அண்மையிலுள்ள முரணிய பிரிகைகள் பயன்படும் அல்லது முரணிய பிரிகை காட்டும் வளிமக் கலவைகள் பயன்படுகின்றன. இரண்டாம் வரிசைக் கலப்புக்குப் பயன்படும் திண்மங்களைவிட வளிமங்கள் குறைவான மற்றும் மிகுதியான அலைநீளக்கதிர்களைத் தம் மூடாகப் பெருமளவில் பரவவிடுவனவாகும். அவற்றைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் துணை அலகுக் கலப்பு இடைவினைகளை ஒரு பரந்த நெடுக்கமுள்ள அலைநீளங்களில் நிகழ்த்த முடிகிறது. $\nu_4 = \nu_1 - \nu_2 - \nu_3$ என்னும் வகையைச் சேர்ந்த நான்கு அலைக் கலப்புச் செயல்முறைகள் 25 மைக்ரோ மீட்டர் அளவில் அலைநீளமுள்ள தொலைக் கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர் வீச்சுகளை உண்டாக்கப் பயன்படுகின்றன.

அதிர்வெண் கூட்டல் கலப்பும் மூன்றாம் அடுக்குச் சுர உருவாக்கமும் வெற்றிடப் புறஊதா வரையான கதிர்வீச்சுகளை உண்டாக்க உதவுகின்றன. மேலும் மிகுவரிசைச் செயல்முறைகளின் மூலம் 38 நானோ மீட்டர் வரைஅலைநீளக் கதிர்கள் பெறப்பட்டுள்ளன. உள்ளீடு கதிர்களின் அதிர்வெண்கள், அவற்றின் மடங்குகள் அல்லது கூட்டல் கழித்தல் கூட்டிணைப்புகள் நேர்போக்கற்ற ஊடகத்தின் தக்க ஆற்றல் மட்டங்களுடன் பொருந்திவிடும்போது ஒத்ததிர்வுள்ள மேம்படல் (resonant enhancement) தோன்றும். அதன் மூலம் நேர் போக்கற்ற ஏற்புத் திறன் சில சமயங்களில் நான்கு முதல் எட்டு மடங்கு வரை எண் மதிப்பில் உயருகிறது. இரண்டு ஃபோட்டான் ஒத்ததிர்வுகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. ஏனெனில் அவற்றில் படுகதிர் அலைகளோ உண்டாக்கப்படும் அலைகளோ வலிவாக உட்கவரப்படுவதில்லை. வளிமங்களில் நிகழும் ஒத்ததிர்வுள்ள மேம்படல் மூலம், அதிர்வெண்ணை மாற்றக்கூடிய வண்ண லேசர்களை நேர் போக்கற்ற இடைவினைகளுக்குப் பயன்படுத்த இயலும். இதனால் வெற்றிடப்புற ஊதாப் பகுதியிலும் தொலைக் கீழ்ச் சிவப்புப் பகுதியிலும் பயன்படும் அதிர்வெண்ணை மாற்றக் கூடிய ஓர் ஒளி மூலம் கிடைக்கிறது. அணுக்களையும் மூலக்கூறுகளையும் நிறமாலையியல் மூலம் ஆய்வு செய்ய இக்கதிர்வீச்சுகள் பயன்படும்.

நான்கு அலை அதிர்வெண் கூட்டல் அலைகளின் உற்பத்தியைப் பயன்படுத்திக் கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களை எளிதாகக் காணக்கூடிய கதிர்களாக மாற்ற முடிகிறது. இந்த இடைவினைகள் கீழ்ச்சிவப்பு நிறமாலையியல் ஆய்வுகளிலும், கீழ்ச்சிவப்பு உருத்தோற்ற மாற்றங்களிலும் பயன்படுகின்றன. மூன்று அலைக் கலப்பு முறை மூலமும் கீழ்ச்சிவப்பு அலைகளைக் காணக்கூடிய அலைகளாக மாற்றலாம்.

செறிவு சார்ந்த விளைவு. படுகதிர் அலைகளுக்குச் சமமான அதிர்வெண்கள் கொண்ட ஆக்கக் கூறுகள் நேர்போக்கற்ற முனைவாக்கத்திலிருந்தால் அவை நேர்போக்கான ஒளியியல் கொள்கைப்படி மாறிலியாக உள்ள ஒளிவிலகல் எண் அல்லது உட்கவர் குணகம் ஆகியவற்றை மாற்றிவிடும் விளைவுகளை ஏற்படுத்தக் கூடும். குறைந்த ஒளிச்செறிவுகளில் ஒளிபுகக் கூடிய பொருள்களின் உட்கவர் குணகங்கள் உயர் ஒளிச் செறிவுகளில் மிகுதியாகலாம். இவ்விளைவின்போது படுகற்றையிலுள்ள ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகளிலிருந்து பல ஃபோட்டன்கள் ஒரே சமயத்தில் உட்கவரப்படும். அப்போது வளிமங்களில் உயர் ஆற்றல் மட்டங்களுக்குக் கிளர்வூட்டல் ஏற்பட்டாலோ, திண்மங்களில் கடத்தல் பட்டைகளுக்கு மாற்றம் ஏற்பட்டாலோ அது பன்மைப் ஃபோட்டான் உட்கவர்தல் எனப்படும். வளிமங்களில் தொடர்பத்திற்குக் கிளர்வூட்டல் தோன்றினால் அது பன்மைஃபோட்டான் அயனியாக்கம் எனப்படுகிறது. படுகதிர் அதிர்வெண்ணில் வலிவுடைய நேர்போக்கு உட்கவர்ச்சி கொண்ட பொருள்களில், செறிவு மிகும்போது உட்கவர்ச்சி குறையக்கூடும். இவ்விளைவு தெவிட்டிய உட்கவர்ச்சி (saturable absorption) எனப்படுகிறது. லேசர்கள் கண்டுபிடிக்கப் படுவதற்கு முன்பே இவ்விளைவு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இத்தகைய பொருள்கள் Q-மாற்ற (Q-Switched வகை பூட்டிய (mode locked) லேசர்களை இயக்க உதவுகின்றன.

தானாகக் குவிதலும், குவிய நீக்கமும். ஒளி விலகல் எண்ணில் ஏற்படும் செறிவு சார்ந்த மாற்றங்கள் ஒரு லேசர் கற்றையின் பரவல் சிறப்பியல்புகளைத் தாக்கக் கூடும். பலவிதமான திண்ம, நீர்ம, வளிமப் பொருள்களில் ஒளிச் செறிவு மிகும்போது ஒளி விலகல் எண் மிகும். ஒரு லேசர் கற்றையின் மையப்பகுதி வெளிப் பகுதியை விட மிகு செறிவுடையதாக இருக்குமானால், விலகு எண்ணில் ஏற்படும் மாற்றம் காரணமாகக் கற்றை குவிக்கப்படுகிறது. இவ் விளைவு தானாகக் குவிதல் (self focussing) எனப்படும். இதனால் தொடக்கத்தில் சீராக உள்ள லேசர் கற்றை உடைந்து பல சிறிய புள்ளிகளாக மாறிவிடும். அவை சில மைக்ரோ மீட்டர்கள் விட்டமுள்ளவையாகவும், பல திண்மங்களை அழிக்கும் அளவுக்கு உயர் செறிவுடையவையாகவும் இருக்கும். இவ்விளைவின் காரணமாகச் சில உயர் ஆற்றல் துடிப்பைத்தரும் திண்மநிலை லேசர்கருவிகளிலிருந்து வெளிப்படக்கூடிய ஆற்றலின் அளவுக்கு ஓர் உயர் வரம்பு விதிக்கப்பட்டுவிடுகிறது.

பிற பல பொருள்களில் ஒளிச் செறிவு மிகும்போது விலகல் எண் குறையும். இதன் காரணமாக லேசர் கற்றை விரியும். இது குவிய நீக்கம் (defocussing) எனப்படும். குறைந்த அளவில் உட்கவரும் பொருள்களில் இது நிகழும்போது இவ்விளைவுக்கு வெப்ப மலர்ச்சி (thermal blooming) எனப் பெயர். உயர் ஆற்றல் கீழ்ச்சிவப்பு லேசர் கற்றைகள் வளிமண்டலத்தின் வழியாகப் பரவும்போது இது மேம்பட்டுத் தெரியும். துடிப்பு லேசர்புலங்கள் தொடர்புள்ளபோது நேர் போக்கற்ற ஒளி விலகல் எண் லேசர் நிற மாலையை அகலப்படுத்தக்கூடும்.

- கே.என். ராமச்சந்திரன்

ஒளியியல் பட்டகம்

மூன்று சமதளப் பரப்புகளுக்குள் அடங்கிய ஒரு முக்கோணக் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றமுள்ள ஊடகம் பட்டகம் எனப்படும். அது திண்மமாகவோ பட்டக வடிவில் அமைந்த கலத்தில் நிரப்பப்பட்ட நீர்மமாகவோ இருக்கலாம். வழக்கமாகப் பட்டகங்கள் ஒளிக்கதிர்களைத் திசை திருப்பப் பயன்படுகின்றன. இத் திசைமாற்றத்தின் அளவு பட்டகப் பொருளின் ஒளி விலகல் எண்ணைப் பொறுத்துள்ளது. ஒளி விலகல் எண் கதிரின் அலைநீளத்தைப் பொறுத்து மாறுகிறது. எனவே பட்டகங்களின் உதவியால் நிறப் பிரிகையையும் ஏற்படுத்தலாம்.

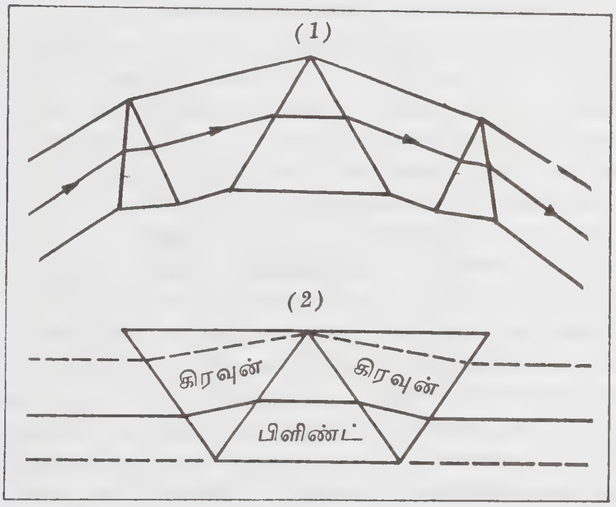
பட்டகங்களைச் சமதள ஆடிகளைப்போல ஒளியின்திசையை மாற்றப் பயன்படுத்த முடியும். பல கருவிகளில் ஆடிகளுக்குப் பதிலாகப் பட்டகங்கள் பயன்படுகின்றன. எதிரொளிப்புப் பரப்பு அரிப்புக்குள்ளாவதில்லை என்பது பட்டகங்களின் நன்மையாகும். எதிரொளிப்புக் கருவிகளாகப் பட்டகங்கள் பணியாற்றும்போது குறைந்தது ஒரு முறையாவது முழு உள் எதிரொளிப்பு நிகழ்கிறது. படுகோணமும் வெளிவரு கோணமும் சமமாக இருக்கும்போது நிறப் பிரிகை நிகழாது. ஒளி படும் பரப்பில் ஏற்படும் நிறப் பிரிகையும் ஒளி வெளி வரும் பரப்பில் தோன்றும் நிறப்பிரிகையும் ஒன்றுக்கொன்று ஈடுசெய்யும் எதிரான தன்மையில் அமையும் வகையில் பட்டகம் வடிவமைக்கப்பட்டிருந்தாலும் நிறப்பிரிகை ஏற்படாது.

நிறப்பிரிகை செய்யும் பட்டகங்கள் வெவ்வேறு அலைநீள ஒளிகளை வெவ்வேறு அளவுக்குத் திசை மாற்றம் செய்கின்றன. அவற்றின் உதவியால் வெள்ளை ஒளியை அதன் ஒற்றை நிற ஆக்கக்கூறுகளாகப் பிரித்து விடலாம். ஒரு பட்டகத்தில் நுழையும் இணையான ஒளிக்கற்றை அதிலிருந்து இணையான கற்றையாகவே வெளியேறலாம். ஆனால் கற்றையின் விட்டம் மாறிவிடும். படுகற்றையின் விட்டத்திற்கும் வெளிவருகற்றையின் விட்டத்திற்கும் இடையுள்ள தகவு பட்டகத்தின் உருப்பெருக்கம் எனக் கொள்ளலாம். பட்டக விளிம்புக்கு இணையாக வரும் ஓர் ஒளிக்கற்றையின் உருப்பெருக்கம் எப்போதும் ஒன்றுக்குச் சமமாக இருக்கும். ஆனால் கற்றை

பட்டகவிளிம்புக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்போது உருப்பெருக்கம் படுகோணத்தைப் பொறுத்து மாறு கிறது. பட்டகத்தின் கோணம் A, ஒளிவிலகல் எண் n, திசை மாற்றக் கோணம் D எனில்,

$$n = \operatorname{Sin} \frac{A + D}{2} \,/\, \operatorname{Sin} \frac{A}{2}$$

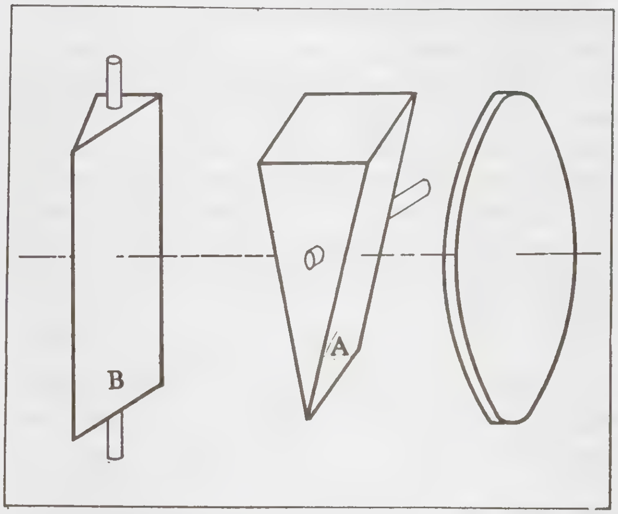
நிறப்பிரிகையை மிகுதியாக்க ஒளிவிலகல் விளிம்பு கள் இணையாக உள்ளவாறு பல பட்டகங்களை அமைத்துக் கொள்ளலாம். மிகு நிறப்பிரிகைத் திறனுள்ள நெருப்புக்கல் (flint) கண்ணாடியாலான பட்டகங்களையும், குறைந்த நிறப்பிரிகைத்திறனுள்ள கிரௌன் கண்ணாடியாலான பட்டகங்களையும் தொகுத்து வைத்துத் திசை மாற்றத்தை ஈடுசெய்து நிறப்பிரிகையை மட்டும் ஏற்படுத்தலாம். இது நேர்காட்சி நிறமாலைப் பட்டக அமைப்பு எனப்படும் (படம் 1). இதேபோலப் பட்டகங்களின் கோணங்



படம் 1 சிலநிறப்பிரிகை அமைப்புகள் (1) ராலே பட்டக அமைப்பு (2) அம்சிநேர்காட்சி அமைப்பு

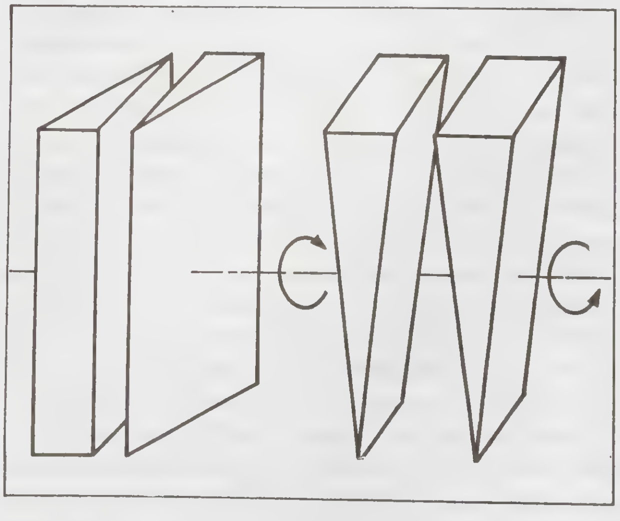
களைத் தக்கவாறு அமைத்து நிறப்பிரிகை நீக்கப் பட்ட ஆனால் திசைமாற்றம் நீக்கப்படாத அமைப்பு களை உருவாக்கி ஒரு சிறு நிறமாலை நெடுக்கத்தில் நிறப் பிறழ்ச்சியற்ற பட்டக அமைப்பை உண்டாக் கலாம்.

ஓர் ஒளியியல் அமைப்பின் முன்னால் ஒரு நிறப் பிறழ்ச்சியற்ற பட்டகத்தை அதன் ஒளிவிலகல் விளிம்பு ஒளியியல் அமைப்பின் மையச் செங்குத்துத் தளத்திற்குச் (meridional plane) செங்குத்தாக இருக் கும்படி வைத்து, அத்தளத்தில் உருப்பெருக்கத்தை மாற்றலாம். படம் (2)இல் உள்ள A பட்டகத்தை மையச் செங்குத்துத் தளத்திற்குச் செங்குத்தான ஓர் அச்சைச் சுற்றிச் சுழற்றி உருபெருக்கத்தைத் தேவை யான அளவில் மாற்ற முடியும். B என்னும் நிறப் பிறழ்ச்சியற்ற பட்டகத்தின் ஒளி விலகல் விளிம்பு மையச் செங்குத்துத் தளத்திற்கு இணையாக உள்ளது. அதைச் சுழற்றி நடுக்கோட்டுத் தளத்தில் (median plane) ஒளியியல் அமைப்பின் உருப்பெருக்கத்தை மாற்றலாம். இத்தகைய அமைப்பை ஒரு மாற்றக் கூடிய குவியத் தொலைவுள்ள வில்லையாகப் பயன் படுத்தலாம். ஒளிப்படக் கருவிகளில் உருப்பெருக்க மாற்ற வில்லை (zoom lens) என இவை பயன் படுகின்றன.



படம் 2. உருப்பெருக்க மாற்ற அமைப்பு

சில ரேடியன்களே கோணமுள்ள பட்டகம், மெலிந்த பட்டகம் எனப்படும். அதன் கோணத்தின் ரேடியன் மதிப்பு, கோணத்தின் டான்ஜென்ட்



படம் 3. ரிஸ்லி பட்டக அமைப்பு

மதிப்புக்குச் சமமாக இருக்கும். இவை கண்மருத்துவத்தில் பயன்படுகின்றன. அவற்றின் திறன்கள் பட்டக டயாப்டர் (prismdiopter) என்னும் அலகில் அளக்கப்படும்.

படம் 3இல் காட்டப்பட்டுள்ள ரீஸ்லி பட்டக அமைப்பு, பார்வை குவிதலை (ocular convergence) ஆய்வுசெய்யப் பயன்படுகிறது. அதில் இரு மெலிந்த பட்டகங்கள் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசைகளில் சுழலும் வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அவை இடப் பக்கத்திலுள்ளதைப்போல அமைந்திருக்கும் போது அவற்றின் கூட்டுத் திசைமாற்றம் சுழியாகும். அவை இரண்டையும் வலப் பக்கத்திலுள்ளதைப் போல எதிர் எதிரான திசைகளில் 90° சுழற்றிய பிறகு அவற்றின் கூட்டுத் திசைமாற்றம் பெருமமாகி விடும். இவ்வாறு திசை மாற்றத்தைச் சுழிக்கும் பெருமத்திற்கும் இடையில் எந்த அளவிலும் அமைத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால் திசைமாற்றத் தளம் மாறாது. இத்தகைய சுழலும் பட்டக இரட்டைகள் சில வகைத் தொலைவு கண்டுபிடிக்கும் கருவிகளில் பயன்படுகின்றன.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்.

நூலோதி. F. Jenkins, and H. White, *Fundamentals of Optics*, McGraw Hill Book Company, New York, 1976.

ஒளியியல் பரப்பு

பல சாதாரணமான ஒளிக்கருவிகளில் வில்லைகளும் ஆடிகளும் உள்ளன. அவற்றின் மேற்பரப்பு பலவகை வளைவு ஆரங்களுடன் இருக்கும். அவற்றில் கோளப் பரப்புகளும் கோளமற்ற பரப்புகளும் இருக்கும். சுழற்சிச் சமச்சீர்மையுடன் கூடிய நீள்கோளப் பரப்புகள், மிகுபர வளையப் பரப்புகள், பரவளையப் பரப்புகள் ஆகியவை கோளமற்ற பரப்புகளாகும். செங்குத்துத் திசைகளில் மாறுபட்ட உருப்பெருக்கம் காட்டும் (anamorphotic) அமைப்புகளில் உருளை வில்லைகளும், உருளை வளையவில்லைகளும் பயன்படுகின்றன. கோளமற்ற பரப்புகளை விடக் கோளப் பரப்புகளில் சாணை பிடிப்பதும் மெருகேற்றுவதும் எளிது. எனவே பெரும்பாலான ஒளியியல் அமைப்புகளில் இருபுறமும் கோளப்பரப்புகளைக் கொண்ட வில்லைகளையே பயன்படுத்துகின்றனர். இப்பரப்புகளின் வளைவு மையங்கள் ஒரு நேர்கோட்டில் அமைந்திருக்கும். அந்த நேர்கோடு ஒளியியல் அமைப்பின் அச்சு எனப்படும். அச்சுக்கோளப்பரப்பைச் சந்திக்கும் புள்ளி, கோணமுனை (vertex) எனப்படுகிறது. ஒரு சமதளப்பரப்பு வரம்பிலியான வளைவு ஆரம் (radius of curvature) கொண்ட ஒரு கோளப்பரப்பாகவே கருதப்படுகிறது. அதன் வளைவு மையம் வரம்பிலியில் அமைந்திருக்கும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட அலைப் பரப்புக்குச் செங்குத்தான கதிர்களை ஒரு கோளமற்ற பரப்பில் ஒளிவிலக்கம் அல்லது எதிரொளிப்பு அடையச்செய்து வேறு ஒரு தேவையான அலைப் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம். ஓர் அமைப்பின் துளைப் பிழைகளைக் குறைப்பதற்காகப் பல சமயங்களில் இந்த உத்தி கையாளப்படுகிறது. உருத்தோற்றமடைய வேண்டிய புலம் சிறியதாயிருக்கும்போது இது நல்ல பயனளிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாகப் பெரிய தொலைநோக்கிகள் கோளமற்ற பரப்புள்ள ஆடிகளைப் பயன்படுத்துகின்றன. அடிப்படை அமைப்பு பிழையற்றதாக இருந்தால், கோளமற்ற தன்மை பிற திருத்தங்களைக் குலைத்து விடாமலிருக்கக் கூடும். கோளமற்ற பரப்புகளைப் பயன்படுத்தித் துளைமையத்தின் வழியே வரும் முதன்மைக் கதிர்களின் பிழைகளையும் நீக்கலாம்.

கோளமற்ற பரப்புகளை உருவாக்குவது கடினம். ஒரே மாதிரியான பல கோளமற்ற பரப்புள்ள உறுப்புகளை உண்டாக்கும்போது சாணை பிடிக்கவும் மெருகேற்றவும் தனிவகையான முறைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக மூக்குக்கண்ணாடி வில்லைகள், பரவளைய அல்லது நீள்வட்டப்பரப்புள்ள ஆடிகள் ஆகியவற்றை உருவாக்க அச்சுப் பலகைகள் (templates) பயன்படுகின்றன. வானியல் தொலை நோக்கிகளின் வில்லைகளைப் போன்று நுட்பமானதிருத்தங்கள் தேவைப்படும்போது தேவையான மாற்றங்கள் கையால் செய்யப்படுகின்றன. அவ்வளவு நுட்பம் தேவைப்படாத குவி வில்லைகள் போன்றவற்றை அச்சுகளிலிட்டு உருவாக்கலாம். தேடு விளக்குகளில் (search lights) பயன்படும் பெரிய பரவளைய ஆடிகள், திரைப்பட வீழ்த்திகளின் வில் விளக்குகளில் பயன்படும் நீள்வட்ட ஆடிகள் ஆகியவற்றை உண்டாக்கும்போது பெரிய கண்ணாடிப் பலகைகளைத் தக்க அச்சுகளில் வைத்துச் சூடாக்குகின்றனர். அவை இளகி அச்சுகளில் பொருந்திப் படிகின்றன.

அனைத்துப் பரப்புகளுக்கும் பொருந்தும் வகையில் கதிர்ப் பாதை வரைவுச் சமன்பாடுகளைப் பெற ஆய அச்சுகளின் தொடக்கப்புள்ளியைப் பரப்பின் கோண முனையில் பொருந்துமாறு செய்வது வசதியாயிருக்கும். ஆயினும் ஒளிவிலகல் பரப்புகளுக்கு வளைவு மையத்தில் தொடக்கப்புள்ளியை வைத்துக் கொள்வது மேலும் எளிமையான சமன்பாடுகளை அளிக்கும். z அச்சு ஒளியியல் அமைப்பின் அச்சுக்கு இணையாகவும், x,y அச்சுகள் அதற்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும்போது பரப்புக்குப் பின்வரும் சமன்பாடுகள் கிடைக்கும்.

சமதளப்பரப்புக்கு $\bar{z} = 0$

$$\left.\begin{array}{l} \text{p வளைவு ஆரமுள்ள பரப்புக்கு } \bar{z} = p\bar{u} \\ \text{கோளமற்ற} \\ \text{பரப்புக்கு } \bar{z} = p\bar{u} + \frac{1}{2}A_2\bar{u}^2 + \frac{1}{6}A_3\bar{u}^3 + \ldots \end{array}\right\} \ldots \quad (1)$$

$$\text{இங்கு } \bar{u} = \frac{1}{2}(\bar{x}^2 + \bar{y}^2 + \bar{z}^2)$$

கோண முனையிலுள்ள தளத்தை ஒளிக்கதிர் சந்திக்கும் புள்ளியின் xy ஆயங்கள் பொருள் புள்ளியைத் தரும். கதிரின் ஒளியியல் திசைக் கொசைன்களான ξ, η, δ ஆகியவை பொருள்கதிரைத் தருகின்றன. (1)2ம் சமன்பாடுகளை நிறைவு செய்யும் வகையில் பின்வரும் சமன்பாடுகளை அமைக்க வேண்டும்.

$$u = \frac{1}{2}[(x+\lambda\xi)^2 + (y+\lambda\eta)^2 + (\lambda\delta)^2]z - \lambda\delta \ldots \quad (2)$$

இதிலிருந்து λ மதிப்புக்கணக்கிடப்படும். அதன் பிறகு வெட்டுப்புள்ளியின் ஆயங்கள் பின் வருமாறு கணக்கிடப்படுகின்றன.

$$\bar{x} = x + \lambda\delta$$

$$\bar{y} = y + \lambda\eta$$

$$\bar{z} = \lambda\delta \quad \ldots (3)$$

பரப்புக்குச் செங்குத்தான திசையிலுள்ள அலகு திசையன்களின் திசைகள் பின்வருமாறு அமையும்.

$$O_1 = \bar{z}\bar{u}\bar{x}/[1+\bar{z}^2 u(2\bar{u} - \bar{z})]^{\frac{1}{2}}$$

$$O_2 = \bar{z}u\bar{y}/[1+\bar{z}^2 u(2u - z)]^{\frac{1}{2}}$$

$$O_3 = [1 + \bar{z}^2 u(2\bar{u} - \bar{z})]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots (4)$$

இங்கு, கோளத்திற்கு $\bar{z}u = \frac{1}{2}p$. கோளமற்ற பரப்புக்கு $\bar{z}u = \frac{1}{2}P + A_2\bar{u} + \frac{1}{2}A_3\bar{u}^2$. சமதளத்துக்கு $\bar{z}u = 0$. செங்குத்துக்கோடு, படுகதிர் ஆகியவற்றின் திசைகள் தெரிந்த பின்னர் ஒளி விலகல் விதிகளைப் பயன்படுத்தி ஒளி விலகிய கதிரின் திசையைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

$$T = n'\cos i = n\cos i \quad \text{எனில்}$$

$$\left.\begin{array}{l} \xi' - \xi = T\,O_1 \\ \eta' - \eta = T\,O_2 \\ \delta' - \delta = T\,O_3 \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots (5)$$

இங்கு i, i' ஆகியவை முறையே படுகோணமும் விலகு கோணமும் ஆகும்.

$$\cos i = \xi O_1 + \eta O_2 + \delta O_3$$

$$\cos i' = [n'^2 - n^2 \cos^2 i]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (6)$$

ஒளி விலக்கக் கோளம். ஒரு கோளத்தின் மையத்தின் வழியாகச் செல்லும் கதிர்கள் விலக்கமடைவதில்லை. ஒரு கோளத்தின் மையு உருத்தோற்றம் கூர்மையாக இருக்கும். சைன் விதிமுறைகள் நிறைவு செய்யப்படுவதால் மையத்தின் வழியான ஒரு பரப்புக் கூறின் உருத்தோற்றம் சமச்சீர்மையற்றுப் பிழைகளைப் பெற்றிராது. $C = -n'r/n$ என்னும் மையத் தொலைவுகளுள்ள புள்ளிகள், $C' = -nr/n'$ என்னும் மையத் தொலைவுகளுள்ள புள்ளிகளில் கூர்மையான உருத்தோற்றங்களை உண்டாக்குகின்றன. இங்கு n, n' ஆகியவை ஒளி விலக்கம் செய்யும் பரப்புக்கு இருபுறமும் உள்ள ஊடகங்களின் ஒளி விலகல் எண்கள். இப்புள்ளிகள் அமைந்துள்ள கோளங்கள் அப்ளநாட்டிக் கோளங்கள் (aplanatic spheres) எனப்படுகின்றன. பொருளோ, உருத்தோற்றமோ மாயயாக இருக்கும். இக்கோளங்களுக்கிடையிலான உருப்பெருக்கம் $m = n^2/n'^2$ சைன் நிபந்தனை மீண்டும் நிறைவு செய்யப்படுகின்றது. முதல் வரிசைச் சமச்சீர்மையில்லாப் பிழைகள் நீக்கப்படுகின்றன. ஒளி விலக்க மையம் கொண்ட கோளமோ, ஒளி விலக்கும் அப்ளநாட்டிக் கோளமோ, இரண்டுமோ கொண்ட வில்லை ஓர் ஒளியியல் அமைப்பில் சேர்த்து முன்னர் செய்யப்பட்ட திருத்தங்களைக் குலைக்காமல் வேண்டிய விளைவைப் பெற முடிகிறது.

கார்ட்டிசியன் பரப்பு. ஒளி விலகல் மையமுள்ள கோளமும், அப்ளநாட்டிக் பரப்பும் சிறப்பு வகைப் பரப்புகள். அவை ஒரு புள்ளிப் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களை வேறு ஓர் உருத்தோற்றப் புள்ளியில் குவிக்கின்றன. இப்பரப்புகளில் பொருள் புள்ளியிலிருந்து பரப்பு உள்ள ஒளிப்பாதை நீளமும் பரப்பிலிருந்து உருத்தோற்றப் புள்ளி உள்ள ஒளிப்பாதை நீளமும் மாறிலியாக இருக்கும். பொதுவாக இத்தகைய பரப்பு நான்காம் வரிசையைச் சேர்ந்ததாயிருக்கும். வரம்பிலியிலுள்ள ஒரு பொருளுக்கு, அது ஒரு மிகுபர வளையப்பரப்பாயிருக்கும். ஒளிப்பாதை சுழியாக இருக்கும்போது அது ஓர் அப்ளநாட்டிக் கோளமாகி விடும்.

கூம்பு வெட்டுப் பரப்புகள் (conic sections) என்பவை எதிரொளிக்கும் கார்ட்டீசியன் பரப்புகள் (cartesian surface) ஆகும். எதிரொளிக்கும் நீள் கோளப் பரப்பு ஒரு வடிவியல் குவியத்திலிருந்து வரும் கதிர்களைப் பிற வடிவியல் குவியத்தில் குவிக்கிறது. பரவளைய ஆடி வடிவியல் குவியத்திலிருந்து வரும் கதிர்களை வரம்பிலியிலும், வரம்பிலியிலிருந்து வரும் கதிர்களைக் குவியத்திலும் குவிக்கும். ஒரு மிகுபர வளைய ஆடி ஒரு மெய்ப்புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்களை ஒரு மாயப் புள்ளியிலும், ஒரு மாயப் புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்களை ஒரு மெய்ப்புள்ளியிலும் கூர்மையாகக் குவிக்கும். இவ்விரு புள்ளிகளும் மிகுபரவளையத்தின் வடிவியல் குவியங்களில் அமைகின்றன. அப்ளநாட்டிக் கோளம் மட்டுமே சமச்

சீர்மையில்லாத பிழைகள் இல்லாத கார்ட்டீசியன் பரப்பு ஆகும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. F. Jenkins, and H. White, *Fundamentals of Optics*, McGraw Hill, New York, 1976.

ஒளியியல் பொருள்

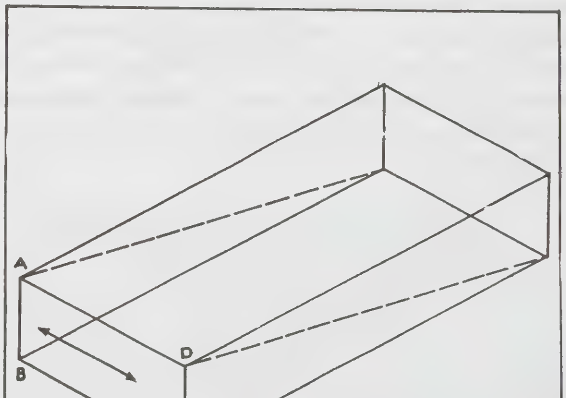
கண்ணாடி, ஒழுங்கு வடிவம் கொண்ட படிகம், ஞெகிழி என ஒளியியல் பொருள்கள் பல வகைப்படும். கண்ணாடி: பண்டைக் காலத்தில் கிரௌன், ஃபிளிண்ட் என்னும் இருவகைக் கண்ணாடிகளே நிலவின. கண்ணாடிகளின் தரம்பிரிக்க $(n_B - n_R)/(n_Y - 1)$ என்னும் வாய்பாடு பெரிதும் உதவியது. இது நீலம் சிவப்பு ஆகிய நிறங்களுக்கிடையே கண்ணாடியின் நிறப் பிரிதிறன் (dispersive power) எனப்படும். இதில் n_B, n_R, n_Y ஆகியவை முறையே நீலம், சிவப்பு, மஞ்சள் ஆகிய நிறங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள். நிறப்பிரிதிறனின் தலைகீழ் மதிப்பு V எண் எனப்படும். குறைந்த நிறப்பிரிதிறனும் உயர்V எண்ணும்கொண்ட கண்ணாடிகள் கிரௌன் கண்ணாடிகள் என்றும் உயர்நிறப் பிரிதிறனும் குறைந்த V எண்ணும் கொண்ட கண்ணாடிகள் ஃபிளிண்ட் கண்ணாடிகள் என்றும் பிரிக்கப்பட்டன. நிறம் காட்டாத இரட்டைகளில் நேர் திறன் கொண்ட கிரௌன் கண்ணாடியும் எதிர்த்திறன் கொண்ட ஃபிளிண்ட் கண்ணாடியும் இணைந்து செயல்படுகின்றன. இவ்விரு கண்ணாடிகளின் வளைவுப் பரப்புகளும் பொருந்துமாறு தகுந்த பொருள்களால் ஒட்டப்படுகின்றன. இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட நிறங்காட்டாத இரட்டை வில்லைகள் தொலைநோக்கி, நுண்ணோக்கி, மலிவுப் பொருளருகு வில்லைகள் இவற்றில் பயன்படுகின்றன.

அபே,ஸ்காட் என்போர் பலவகைக் கண்ணாடிகளின் தயாரிப்பில் பெரிதும் முன்னேற்றம் கண்டனர். அவர்கள் மிகு விலகல் எண்ணும் குறைந்த நிறப் பிரிதிறனும் கொண்ட அடர் பேரியம் க்ரௌன் கண்ணாடி குறைந்த விலகல் எண்ணும் மிகு நிறப் பிரிதிறனும் கொண்ட இலேசான ஃபிளிண்ட் கண்ணாடி வகைகளின் தயாரிப்பு முறைகளைக் கண்டறிந்தனர். தற்கால முறையில் அடர் மிகு கண்ணாடிகள் என்று மேலும் பலவகைப் பிரிவுகள் உள்ளன.

கண்ணாடி பொதுவாக 85% ஒளியை ஊடுருவச் செய்கின்றது. அகச்சிவப்புக் கதிர்களை ஊடுருவிச் செல்லவிடாது. புறஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து விடும். மேலுல் 4000 - 7000 Å வரை அலைநீளங் கொண்ட ஒளியையும் ஓரளவு உட்கவர்ந்து விடும். இவ்வாறு கண்ணாடி உட்கவரும் ஒளியின் அளவு கண்ணாடியில் உள்ள இரும்பின் அளவைப் பொறுத்து அமையும். இரும்பின் அளவு குறைந்த கண்ணாடிகள் குறைவான அளவு ஒளியை உட்கவரும். இவை வெண்மைக் கண்ணாடிகள் எனப்படும். பொதுவாக ஜன்னல் கண்ணாடிகள் ஓரளவு ஒளியை (~5%) உட்கவரும். கண்ணாடியைப் பயன்படுத்தும் துணைக்கருவிகளின் எடை மிகுதியாகும். மேலும் கண்ணாடி எளிதில் உடையும்; ஆனால் உயர் வெப்ப நிலைகளில் கூடக் கண்ணாடிகள் தாக்கம் பெறுவதில்லை.

ஞெகிழி. இதில் பலவகையான ஒளிபுகும் வேதிப் பொருள்களும் மைக்கா போன்ற பொருள்களும் பயன்படுகின்றன. கண்ணாடியைப் போன்று இவை ஒளியை ஊடுருவச் செய்து எளிதில் உடையாத தன்மையைப் பெற்றிருப்பதால் பல்வேறு அமைப்புகளிலும் இவை கண்ணாடிக்குப் பதிலாகப் பயன்படுகின்றன. இவ்வகைப் பொருள்களில் பாலிவினைல் ஃபுளூரைடு, டெஃப்லான், மைலார், பாலி எத்திலீன் போன்ற பொருள்கள் குறிப்பிடத்தக்கவையாகும். இவ்வகைப் பொருள்கள் உயர் வெப்பநிலையில் சிதைந்து உருக்குலைந்து விடுவதும் நாளடைவில் இவற்றில் ஒளி ஊடுருவும் திறன் குறைந்து விடுவதும் குறைபாடுகளாகும்.

புறஊதா அகச்சிவப்புக்கதிர்களுக்கான பொருள். புறஊதா, அகச்சிவப்பு ஆகிய இருவகைக் கதிர்களுக்கும் கண்ணாடி பயனற்ற பொருள் ஆகும். இத்தகைய கதிர்களுக்கு வேறு பல பொருள்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். புறஊதாக் கதிர்களுக்குக் குவார்ட்ஸ் (quartz) என்னும் படிகம் பெரிதும் பயன்படுகிறது. இப்படிகத்தில் 0.19-4 மைக்ரான் அலைநீளம் வரை ஊடுருவிச்செல்லும். 0-19 மைக்ரானுக்கும் குறைந்த



படம் 1. தாம்சன் க்ளாஸ்புரு பட்டகம்

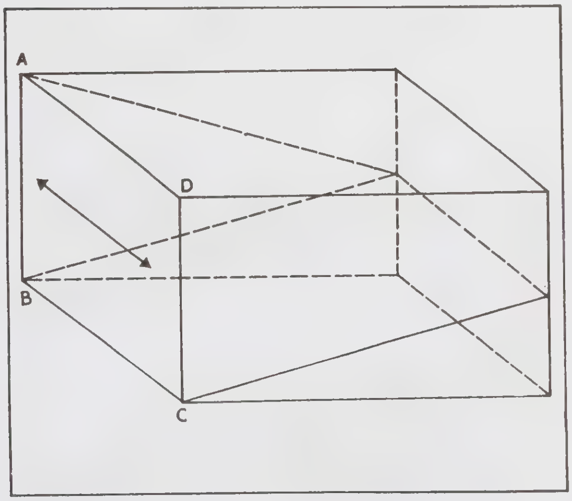
அலைநீளம் கொண்ட புற ஊதாக் கதிர்களுக்கும் வெற்றிடத்தில் உருவாக்கப்பட்ட கால்சியம் ஃபுளூரைடு அல்லது புளூரைட்டு லிதியம் புளூரைடு என்னும் படிகங்களைப் பயன்படுத்தி முறையே 0.125 -0.105 மைக்ரான் வரையிலான அலைநீளங்கள் கொண்ட புறஊதாக் கதிர்களை ஊடுருவச் செய்யலாம்.

இவ்வாறே அகச்சிவப்புக் கதிர்களுக்குப் பின்வரும் பொருள்களைப் பயுன்படுத்தலாம். 6 மைக்ரான் வரை அலைநீளங்களுக்கு லித்தியம் ஃபுளூரைடும், 9 மைக்ரான் வரையிலான அலைநீளங்களுக்கு லிதியம் ஃபுளூரைட்டும், 17 மைக்ரான் வரையிலான் அலைநீளங்களுக்குச் சோடியம் குளோரைடும், 25 மைக்ரான் வரையிலான அலைநீளங்களுக்கு வெள்ளி குளோரைடும், 30 மைக்ரான் வரையிலான அலை நீளங்களுக்குப் பொட்டாசியம் புரோமைடும், 40 மைக்ரான் வரையிலான அலைநீளங்களுக்குத் தாலியம் புரோமைடு-அயோடைடும் (42-58%) படிகங்களாகப் பயன்படுகின்றன. இப்பொருள்கள் நீரில் எளிதில் கரைவன. எனவே இப்பொருள்களைக் காற்றில் உள்ள நீராவி அணுகா வண்ணம் பேண வேண்டி உள்ளது.

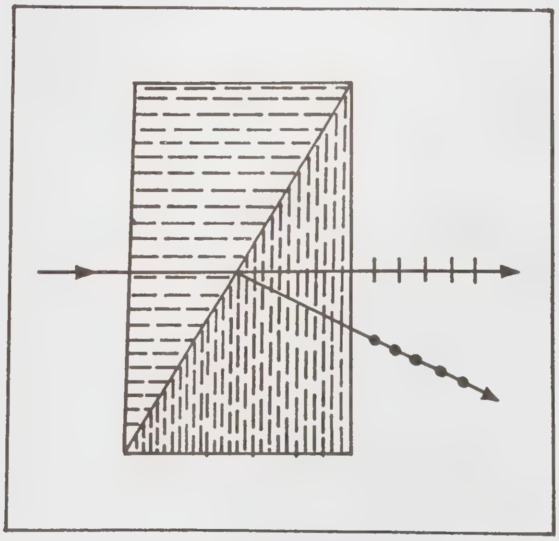
சீரமைப்புப் பொருள். சீரான தளத்தில் முனைவாக்கம் பெற்ற ஒளிக்கற்றையைப் பெறத் தாம்சன், கிளாஸ்புரூக் என்போர் படம்-1இல் காட்டப்பட்டுள்ள சதுர முனைகளைக் கொண்ட படிகங்களைப் பயன்படுத்தினர். இவை சாதாரண நைக்கல் முப்பட்டகப் படிகங்களைவிடச் சற்று நீளமானவை. இவ்வகை முப்பட்டங்களில் ஒளி அச்சு AB என்னும் பக்கத்திற்கு மாறாக AB என்னும் பக்கத்திற்கு இணையாக அமையுமாறும் செய்யலாம். படம்-2 இல் காட்டப்பட்டுள்ள முப்பட்டகம் பெரிதும் பயன்படுகிறது. இது ஏரென்ஸ் என்பவரால் மூன்று கால்சைட் பட்டகங்களைக் கனடா பால்சம் என்னும் சிமெண்ட்டால் ஒட்டித் தயாரிக்கப்பட்டது. இதன் பார்வைக் கோணம் 26^0 ஆகும். இதன் அளவு நைக்கல் பட்டகத்தின் அளவில் பாதியேயாகும். ஏரென்ஸ் பட்டகங்களின் ஒளிஅச்சு AD என்னும் பக்கத்திற்கு இணையாக அமையுமாறும் செய்யலாம்.

நைக்கல் முப்பட்டகங்களும் கனடா பால்சம் என்னும் சிமெண்ட்டால் சேர்க்கப்பட்ட முப்பட்டகங்களும், இச்சிமெண்ட் புறஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்வதால் அந்த அலைநீளங்களுக்குப் பயனற்றவையாக அமைகின்றன. எனவே ஃபோகால்ட் என்பவர் நைக்கல் முப்பட்டகத்தில் காற்று இடைவெளியோடு கூடிய முப்பட்டகமொன்றை உருவாக்கினார். இம்முப்பட்டகத்தின் பார்வைக்கோணம் குறைவாக ($8°$) அமைகிறது. மேலும் E கதிரின் செறிவு எதிரொளிப்புகளால் மிகுதியாகக் குறைகிறது. புற ஊதாக் கதிர்களுக்குப் பயன்படும் முப்பட்டகங்கள் பெரும்பாலும் இரட்டை உருத்தோற்ற அமைப்புகளாகும். ரோசன் முப்பட்டகத்தில்O-கதிர் அனைத்து அலைநீளங்களுக்கும் திசை மாற்றமின்றிச் செல்லும். இதில் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைந்த ஒளி அச்சுகளோடு கூடிய இரு குவார்ட்ஸ் முப்பட்டகங்கள் படம்-3 இல் காட்டியவாறு இணைக்கப்படுகின்றன. உலாஸ்டன் முப்பட்டகத்தில் (படம்-4) O-கதிர் உள்ளமைப்பில் முதல் முப்பட்டகத்தின் E-கதிர் ஆகும். இம்முப்பட்டகத்தில் கதிர்கள் மிகு இடைவெளியோடு பிரிக்கப்பட்டுச் செல்கின்றன.

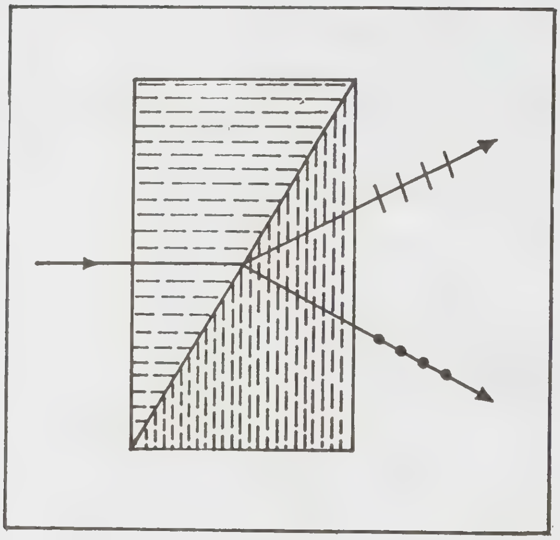
சீரற்ற படிகங்களில் ஒளி அலைகள். வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு பண்புடைய ஊடகங்களில்



படம் 2. ஏரென்ஸ் பட்டகம்



படம் 3. ரோசன் படிகம்



படம் 4 உலாஸ்டன் பட்டகம்

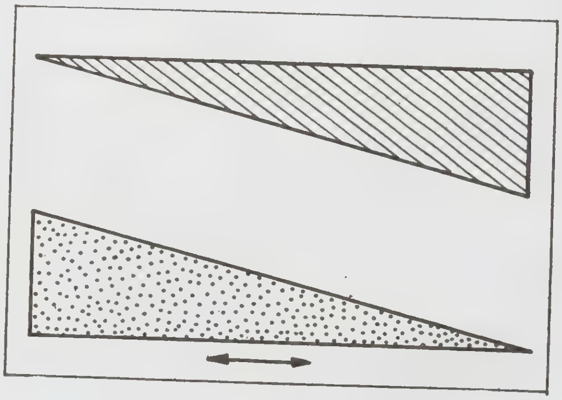
ஒளி செல்லும்போது அது இரு பாதைகளில் பிரிந்து செல்கிறது. இத்தகைய ஊடகங்களை இரட்டை விலகல் படிகங்கள் என்பர். ஒரு புள்ளி வடிவ ஒளி மூலத்திலிருந்து ஒளி அலைகள் தள முனைவாக்கம் பெற்றுக் கோளக வடிவத்திலும் நெட்டுருளை வடிவத்திலும் பரவும். கோளக இரண்டாம் நிலை அலைகளாகப் பரவும் ஒளி அலைகள் ஒளி விலகலுக் கான விதிகளுக்குட்பட்டு விலக்கமடையும். இது இயல்பான கதிர் எனவும் O - கதிர் எனவும் குறிக்கப் படும். ஊடகத்தில் நெட்டுருளை இரண்டாம் நிலை அலைகளாகப் பரவும் ஒளி அலைகள் ஸ்நெல் விதியைப் புறகணித்துச் செல்லும். இக்கதிர்களை இயல்புக்கு முரணான கதிர் (extraordinary) அல்லது E - கதிர் எனக் குறிக்கலாம். இயல்பான கதிர்களின் ஒளி விலகல் எண் n_o எனவும், இயல்புக்கு முரணான கதிர்களின் விலகல் எண் n_E எனவும் குறிப்பிட்டால் அவற்றைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

n_o என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளி அலைகளின் திசைவேகத்திற்கும் இயல்பான அலைகளின் திசை வேகத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். n_E என்னும் மதிப்பை நேர் படிகங்களுக்கும்எதிர்ப் படிகங்களுக்கும் தனித்தனியாக வரையறுக்கலாம். நேர்படிகத்திற்கு n_E என்னும் மதிப்பு வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசை வேகத்திற்கும் E அலைகளின் சிறும திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். எதிர்ப்பக்கத்திற்கு n_E என்னும் மதிப்பு வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் E அலைகளின் பெரும திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். சோடிய ஒளிக்கற்றைக்கு ($\lambda = 589.3$nm) கால்சைட் எனப்படும் கால்சியம் கார்பனேட்டிற்கு 18° C வெப்ப நிலையில் $n_o = 1.65836$ எனவும் $n_E = 1.48641$ எனவும் காணலாம். குவார்ட்ஸ் படி கத்திற்கு $n_o = 1.54425$ எனவும் $n_E = 1.55336$ எனவும் மதிப்புகளைப் பெறலாம்.

நைக்கல் முப்பட்டகம். ஒரு கால்சைட் படிகம் அதன் மூலைவிட்டத்தில் வெட்டப்பட்டு இருபகுதிகளும் கனடா பால்சம் என்னும் சிமெண்ட்டால் ஒட்டப் படும். இச்சிமெண்ட்டின் ஒளிவிலகல் எண் E மற்றும் O கதிர்களுக்கான கால்சைட்டின் ஒளிவிலகல் எண்களுக்கு இடைப்பட்ட மதிப்புடையதாக இருப்ப தால் E கதிர் மட்டுமே ஊடுருவிச் செல்கிறது. O-கதிர் முழுதுமாக உட்புறமாக எதிரொளிக்கப்பட்டுத் திருப்பப்படுகிறது. முப்பட்டகத்தின் பக்கங்களில் பூசப்பட்டுள்ள கரும்பூச்சில் O - கதிர் உட்கவரப்படு கிறது. கால்சைட் படிகத்தின் வடிவம் 109°, 71° பக்கக் கோணங்களைக் கொண்ட இணை கரமாகும். அதன் முனைப்புகளைத் தேய்த்துப் பின்னர் வழவழப்பாக்கி 71° கோணம் 68° ஆகக் குறைக்கவேண்டும். இப்படிகத்தை முனை முகப்பு களுக்கும் முதன்மைப் பரப்பிற்கும் செங்குத்தான பரப்பில் வெட்டினால் 24° பார்வைக்கோணம் கொண்ட நைக்கல் முப்பட்டகம் கிடைக்கிறது.

இரண்டு நைக்கல் முப்பட்டகங்கள் ஒன்றுக் கொன்று குறுக்காக அமையும்போதும் ஓரளவு ஒளிக்கசிவு இருக்கும். ஏனெனில் வெளிப்படும் ஒளிக் கற்றையில் தள முனைவாக்கம் சீராக அமையாது. மேலும் E -கதிர் பக்கவாட்டில் இணைப் பக்கங் களுக்குச் சாய்வாகச் செல்லும். இக்குறையைப் பக்க வாட்டில் உள்ள இணைப் பக்கங்கள் மற்றதற்குச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு செய்து நீக்கலாம். இந்த அமைப்பில் செங்குத்துப்படுகை காரணமாக ஒளிச் செறிவில் இழப்புக் குறைக்கப்படும்.

கால், அரை அலை நீளத் தகடுகள். O மற்றும் E கதிர்களுக்கிடையே $\pi/2$ என்னும் கட்டவேறு பாட்டை ($\lambda/4$ - பாதைவேறுபாடு) ஏற்படுத்தும் படி கத்தகடு கால் அலை நீளத்தகடு எனவும் இது போல



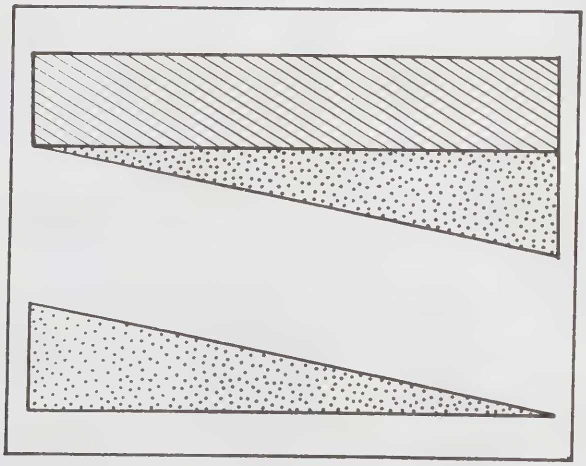
படம் 5. பாபினட் ஈராக்கி

E மற்றும் O கதிர்களுக்கிடையே π கட்ட வேறு பாட்டை (λ/2 - பாதைவேறுபாடு) ஏற்படுத்தும் படிகத் தகடு அரை அலை நீளத்தகடு எனவும் குறிக்கப்படுகின்றன.

பாபினட் சீராக்கி. நீள்வட்டத் தளத்தில் முனை வாக்கம் பெற்ற ஒளிக்கற்றையைப் பெறவும், அவற்றைச் சரிபார்க்கவும் வேறுபட்ட தடிப்புக் கொண்ட படிகத்தகடு பெரிதும் பயன்படுகிறது. இவ் வகைத் தகடுகள் சரியாக்கிகள் எனப்படும். பாபினட் சரியாக்கியில் (படம் -5) இரு சிறுகோண குவார்ட்ஸ் ஆப்புகள் அவற்றின் ஒளி அச்சு, செங்குத்தாக அமையுமாறு படத்தில் காட்டியவாறு அமைந் துள்ளன. ஆப்புகளின் கோணம் மிகச் சிறியதாக உள்ளதால் மேலேயிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றையின் E, O கதிர்களுக்கிடையே குறிப்பிடத்தக்க பிரிதல் இருக்காது.

மேல் பகுதி ஆப்புநிலையிலும் கீழுள்ள ஆப்பு நுண்திருகின் உதவியால் நகரும் வகையிலும் அமைந் திருக்கும். நேர்படிக முதல் ஆப்பில் புகும் ஒளிக் கற்றையில் E கதிரைவிட O கதிர் மிகு வேகத்துடன் செல்லும். இரண்டாம் ஆப்பின் ஒளி அச்சு முதல் ஆப்பின் ஒளி அச்சுக்குச் செங்குத்தாக அமைவதால், முதல் ஆப்பின் O கதிர் இரண்டாம் ஆப்பின் E கதிராக அமையும். கீழுள்ள ஆப்பை நகர்த்துவதன் மூலம் ஆப்புகளுக்கிடையே உள்ள பாதையை மாற்ற லாம். எனவே கட்ட வேறுபாட்டை மாற்றலாம். இக்கருவியில் ஒளிக் கற்றை படும் புள்ளியைப் பொறுத்துத் தகட்டின் மொத்தத் தடிப்பு அமைவது இக்கருவியின் குறையாகக் கருதப்படுகிறது.

சொலில் சீராக்கி. மேற்கூறிய இடர்ப்பாட்டை நீக்கும் சொலில் சரியாக்கி படம்-6 இல் உள்ள படி அமைக்கப்பெற்றுள்ளது. இது இரு மெல்லிய ஆப்புகளையும் ஓர் இணைத்தகட்டையும் பெற்றுள் ளது. கீழேயுள்ள ஆப்பு நகரும் வண்ணம் அமைந் துள்ளது. இந்த அமைப்பின் மொத்த விளைவு ஒரு வேறுபட்ட தடிப்பைக் கொண்ட இணைத் தளத் தகட்டின் விளைவிற்கு ஒப்பாகும். மேலும் படும் புள்ளிக்குக் குறுக்காக உள்ள அனைத்துப் புள்ளி களிலும் ஒரே தடிப்பைப் பெற்று விளங்கும். எனவே பாபினட் சீராக்கியில் உள்ள குறை இதில் நீக்கப் படுகிறது.



படம் 6. சொலில் சீராக்கி

-அ. பாலசுப்பிரமணியன்

ஒளியிய வானியல்

வானியலில் பிற துறைகளைப் போன்று கள ஆய்வு முறைகளை மேற்கொள்ள இயலாது. மிகவும் தொலைவிலுள்ள கோள்கள், விண்மீன்கள் முதலான விண்வெளிப் பொருள்களில் இருந்து வெளிவரும் ஒளி அலைகளும், கதிர்வீச்சு அலைகளும் (radiowaves) தருகிற செய்திகளின் தொகுப்பு மூலமாகவே வானி யல் பற்றிய செய்திகளை அறிய முடியும்.

ஒளி அலைகள், கதிர்வீச்சு அலைகள் இரண்டுமே பகுதி மின் ஆற்றலாகவும் பகுதி காந்த ஆற்றலாக வும் அமைந்த ஆற்றல் வடிவங்களாகும். இத்தகைய மின்காந்த ஆற்றல்கள் அலைகளாகப் பரவுகின்றன. அலைநீளத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப அதன் வடிவம் மாறுகிறது. கதிர்வீச்சு அலைகளின் அலை நீளம் மிகுதி; அவை 0.5- 60000 செ. மீ. வரை உடை யன. ஆனால் ஒளி அலைகளின் நீளம் குறைவுடை யது. ஏறக்குறைய 2 செ. மீட்டருக்கு 500,000 அலைகள் கொண்டு அவை அமையும்.

ஒளியிய வானியல் தோற்றம். பிற கருவிகள் துணை யின்றிக் கண்களால் வான மண்டலத்தில் காணும் காட்சிகளைச் சான்றாகக் கொண்டு வானியல் கருத்துகளை உருவாக்கியதிலிருந்து ஒளியிய வானி யல் தோன்றத் தொடங்கின. பின்னர் அஸ்ட்ரோ லேபுகள் (astrolabes), ஆர்மிலரி கோளங்கள் (armillary spheres), காலளவி (quadrant) முதலான கருவிகள் சிறிது சிறிதாகப் பயன்பாட்டுக்கு வந்தன. டைக்கோ பிராகி என்பவரைத் தொடர்ந்து கெப்ளர் முதலானோர் விண்மீன்கள், கோள்களின் இயக்கம் பற்றிய பல புதிய கருத்துகளை உருவாக்க இத்தகைய கருவிகளைப் பயன்படுத்தினர்.

இத்தாலிய நாட்டு அறிஞரான கலிலியோ வில்லைகளை ஒரு குழாயில் பொருத்தித் தொலை நோக்கியை இரண்டு ஆடி உருவாக்கியபோது ஒளி யிய வானியல் (optical astronomy) புத்துணர்வு பெற்றது. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதி, பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் முற்பகுதிகளில் தொலைநோக்கி அமைப்பில், பல புதிய மாற்றங்களும்

புதுத் துணைக் கருவிகளும் வழக்கத்துக்கு வந்தன.

வெற்றுக் கண்களால் நேராகக் காண்பதைவிடத் தொலைநோக்கிகளின் வழியே காண்பதால் காணும் புலம் மிகுதியாகிறது. துளை மிகுதி, உயர் உருப் பெருக்குத்திறன் ஆகிய காரணங்களால் விண் வெளியை மேலும் விரிவாக ஆராய வாய்ப்பும் ஏற் பட்டது. வில்லியம் ஹெர்ஷல் என்னும் ஆங்கில நாட்டு வானியல் அறிஞர். உடுக்கண வானியல் (stellar astronomy) என்னும் துறைக்கு வித்திட்ட தால் புதிய அண்டத்தோற்றக் கொள்கைகள் வந்தன. நிறமாலை ஆய்வு முறைகள், ஒளிப்படவியல், ஒளி அளவியல் ஆகிய புதிய துறைகள் தோன்றின. இவற் றின் முறைகள் தொலைநோக்கி ஆய்வோடு இணைந்து ஒளியிய வானியல் துறையில் வியத்தகு கண்டுபிடிப்புகளுக்கு வழி வகுத்தன.

ஒளியியத் தொலைநோக்கிக் (optical telescope) கண்மணி (pupil) மிகவும் சிறியது. அதன் வழியே செல்லும் ஒளி குறைவு. எனவே மிகத் தொலைவி லுள்ள பொருள்களின் ஒளியைத் திரட்டி அனுப்பு வதற்கும், நெருக்கமாக உள்ள விண்மீன்களைப் பிரித்து அறிவதற்கும் கண்களால் இயலாது. ஆனால் தொலைநோக்கிகளின் ஒளித்துளை பெரிதாகையால் ஒளியைத் திரட்டி அனுப்பும் திறனும் பிரித்தறியும் திறனும் மிகுதியாகும். தொலைநோக்கிகள் விண் வெளிப் பொருள்களில் இருந்து வரும் ஒளியைத் தொகுத்துக் குவித்து உருத்தோற்றத்தை உண்டாக்கு வதை நேராகப் பார்க்கலாம் அல்லது ஒளிப்பட மாகப் பதிவு செய்து கொள்ளலாம்.

பொதுவாக இருவகைத் தொலைநோக்கிகள் வழக்கத்தில் உள்ளன. முதலில், ஒளிவிலகுந் தொலைநோக்கிகள் (refracting telescopes) பயன் பாட்டுக்கு வந்தன. இவை காணும் பொருளருகே (objective) ஒரு குவி வில்லையும் (convex lens), காணும் இடத்தின் முன் பகுதியில் சிறிய குவி வில்லையும் கொண்டு வடிவமைக்கப்பட்டன. இத்த கைய தொலைநோக்கிகளில் வில்லை பெரியதாக அமைய அமைய உருத்தோற்ற ஒளித்திறன் மிகுதியாகக் கிடைக்கும். இதனால் தொலைவில் உள்ள மங்கலான பொருள்கள் தெளிவாகத் தெரியவரும். ஆனால் உருத்தோற்றங்களின் நிற மாலை வண்ணங்கள் கலந்த நிறப்பிறழ்ச்சி தவிர்க்க முடியாததாகப் போய்விடும்.

இக்குறையைத் தவிர்க்க எதிரொளிர் தொலை நோக்கிகள் (reflecting telescopes) பயன்பாட்டுக்குக் கொண்டு வரப்பட்டன. இதில் விண்பொருள்களின் ஒளியைத் திரட்டுவதற்கு வில்லைக்குப் பதிலாகக் குழி ஆடி (concave) (mirror) பயன்படுகிறது. ஆடியின் விட்டம் அதிமாக, ஒளியைத் திரட்டும் திறன் அதிக மாகிறது. வில்லைகளைவிடப் பெரிய ஆடிகளை எளிதாகவும், நுட்பமாகவும் உருவாக்க முடியும்.

தொலைநோக்கியின் பயனை அளவிட அதன் உருப்பெருக்குத் திறனைவிட ஒளியைத் திரட்டும் திறனும் நுட்பமாகப் பிரித்துக் காட்டும் திறனும் (resolving power) சிறப்பாகக் கருதப்படுகின்றன. நிலவு, கோள்கள், தொலைவில்உள்ள விண்மீன்கள் முதலியவற்றைத் தொலைநோக்கி வழியாகப் பெரிது படுத்திக் காணலாம். விண்மீன்களை நோக்கித் தொலைநோக்கியை அமைக்கும்போது அவை அமைந் திருக்கும் திசையை அறியமுடிகிறது.

தொலைநோக்கியை ஒளிப்படக் கருவியாகப் பயன் படுத்தி வான் காட்சியை ஒளிப்படமாகப் பதிவு செய் வதால் வானியல் ஆய்வு மேலும் தெளிவடைகிறது. கண்ணால் பார்க்கும் காட்சி மறைந்துவிட்டாலும் ஒளிப்படப் பதிவு மறையாததாகிவிடுகிறது. ஒளி மங்க லான வான் பொருளைத் தொடர்ந்து நீண்ட நேரம் பதிவுசெய்து ஒளிமிக்க உருத்தோற்றமாகப் பதிவு செய்யமுடிகிறது. விண் பொருள்களைத் தொடர்ச்சி யாக ஒளிப்படமாகப் பதிவு செய்யும்போது அவற்றின்இயக்கம் முதலான செய்திகள் தெளிவுறு கின்றன.

ஒளிப்பட அளவி (*photometer*). இது தொலை நோக்கியோடு சேர்ந்து பயன்படும் கருவியாகும். இதன் துணை கொண்டு விண்மீன்களின் ஒளித்திறன் அல்லது ஒளிர்மை (brightness) பற்றி அறிய முடியும்.

தொலைநோக்கி வழியாகத் திரட்டப்பட்ட விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளி, வண்ண வடிகட்டிகள் (filters) தொடர் வழியே செலுத்தப்படுகின்றன. அங்கு ஒரு வண்ணம் மட்டுமே ஒளிப்பட அளவி வழிச் செல்லுமாறு செய்யப்படுகிறது. இக்கருவியுடன் இணைத்துள்ள மின் கருவிகள் ஒளியின் திறனை அளவிட்டுப் பதிவு செய்கின்றன. விண்மீன் வெளியிடும் ஒளியின் ஒவ்வொரு வண்ண ஒளித்திறனையும் அளவிடலாம். பல விண்மீன்களின் ஒளித்திறன்களை ஒப்பிடுவதற்கும், தன் ஒளியினை மாற்றிக் கொண்டேயிருக்கும் ஒளிர்மீன்களைப்பற்றி ஆராய் வதற்கும் ஒளிப்படஅளவி சிறந்த கருவியாகும்.

நிறமாலை வரைவி. விண்பொருள்களின் கூறுகளை ஆராய்வதற்காக அப்பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளியின் நிறமாலையைப் பிரித்தறிய முயல்கின்றனர். கண்ணாடிப் பட்டகத்தினுள் ஒளி ஊடுருவிச் செல்லும் போது அதன் பாதை கோட்டம் அடைகிறது. இக் கோட்டம் ஒளியின் வண்ணத்தைப் பொறுத்தது. செந்நிற வண்ணம் குறைவான கோட்டத்தையும் செங்கரு நீலம் (violet) வண்ணம் மிகுதியான கோட்டத்தையும் உடையனவாக இருக்கும். வேறு பட்ட வண்ணங்கள் வேறுபட்ட திசைகளில் கோட்ட மடைவதால் பல வண்ணங்கள் கொண்ட நிறமாலை

உருவாகிறது. விண்மீன்கள், சூரியன், ஒளிவிடும் விண் பொருள்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து வரும் ஒளி, அவற்றின் கூறுகளின் அலைநீளங்களுக்கு ஏற்றவாறு தோன்றும். நிறமாலையைக் காணப் பயன்படும் கருவி நிறமாலைகாட்டி (spectroscope) ஆகும். அதை ஒளிப்படமாகத் தருவது நிறமாலை வரைவி (spectrograph) எனப்படும். இக்கருவிகள் தொலை நோக்கியோடு இணைத்து அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

விண் பொருள்களின் ஒளி, நிறமாலைகளிலிருந்து அவற்றின் இயக்க வேகம், திசை பற்றி அறியலாம். நிறமாலையின் ஊடே பல கறுப்புக் கோடுகளையும் காணலாம். இக்கோடுகளுக்கு விண் பொருளின் வேதிக் கூறுகள் காரணமாக அமைகின்றன. எனவே நிறமாலை ஆய்வின் பயனால் விண்பொருள்களின் வேதி மூலகங்களைப் பற்றிய செய்திகளையும் அறிந்து கொள்ளலாம். மேலும் அவற்றின் தட்ப வெப்பநிலை, அழுத்தம் முதலான செய்திகளை அறிந்துகொள்வதற்கு நிறமாலை வரைவி பயன் படுகிறது.

விண்வெளியிலிருந்து ஆய்வு. ஒளி, வளி மண்டலத்தை ஊடுருவும் கதிர்வீச்சு முதலியவற்றால் தாக்கமடைந்தும் மங்கியும் விடுவதால் பல வானியல் நிகழ்வுகள் குறைந்தும் சிதைந்தும் கண்ணுக்குத் தோன்றாமலும் போய்விடுகின்றன. இத்தகைய குறைபாடுகளை நீக்குவதற்காக வளிமண்டலத்தைக் கடந்து செல்லக்கூடிய உயர் பலூன்களில் வானியல் கருவிகளை அனுப்பி ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்படு கின்றன. விண்வெளி ஏவுகணைகளில் அனுப்பப்பட்ட வானியல் கருவிகளும், செயற்கைக் கோள்களையே வானியல் ஆய்வுக்கூடமாகப் பயன்படுத்தும் முயற்சிகளும் பல புதிய செய்திகளைக் காண வழி வகுக்கின்றன. எளிதில் பெற முடியாத சில முக்கிய செய்திகளை விண்வெளிக்கு அனுப்பும் நிறமாலை வரைவிகளும், ஒளிப்படப் பெட்டிகளும், தொலை நோக்கிகளும் தந்துள்ளன. புவியை வலம் வரும் கோளாக வானியல் ஆய்வுக் கூடங்களையே அமைத்து இடைவிடாது வானியல் செய்திகளைத் தொகுக்கும் வாய்ப்புகள் ஏற்பட்டுள்ளன. பார்க்க முடியாத சூரியனின் மறுபக்க ஒளிப்படம், வெள்ளி முதலான கோள்களின் அணுக்கத் தோற்றம் முதலிய பல அரிய செய்திகள் கிடைக்க ஒளியிய வானியலும், கதிர்வீச்சு வானியலும் வானியல் ஆய்வுக்கு மிகு பயனுடைவனவாக உள்ளன.

- கோ. சண்முகசுந்தரம்

ஒளியுணர்வி

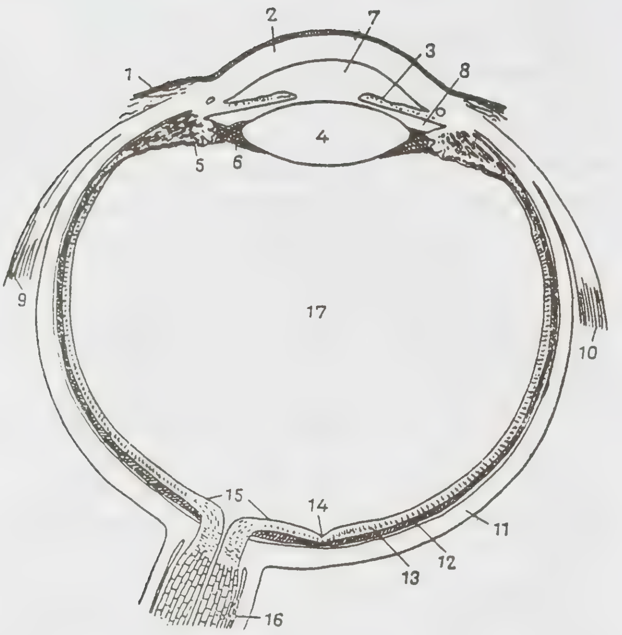
அனைத்து உயிரினங்களிலும் நரம்பு மண்டலத்தின் துணையோடு சில சிறப்பு உறுப்புகள் உடலுக்கு வெளியே அல்லது உள்ளே நடைபெறுவதை அறிய உதவுகின்றன. அவ்வுறுப்புகளுக்கு ஏற்பிகள் (receptors) என்று பெயர்.

கண் அடுக்குகள். கண் ஒரு பார்வை உறுப்பாகும். முதுகெலும்பிகளின் கண்ணை ஓர் ஒளிப்படக் கருவி யுடன் (camera) ஒப்பிடலாம். இது ஏறத்தாழ உருண்டை வடிவமானது. அது எலும்பாலான ஒரு குழியில் உள்ளது. அதன் அசைவுகள் மூன்று இணை யான பட்டைத் தசை நார்களால் கட்டுப்படுத்தப்படு கின்றன. விழிப்புறப்படலம் (sclerotic coat) விழி யடிக் கரும்படலம் (cheroid coat) பின் விழித்திரை (retina) என கண் மூன்று அடுக்குகளைக் கொண்டி ருக்கிறது. முதல் அடுக்கான விழிப்புறப்படலம் வெளிப்புறத்தில் உள்ளது. இது ஒளியைத் தடை செய்யுமளவு உறுதியான திசுவால் ஆக்கப்பட்டது. வெளிப்பார்வைக்கு இது வெள்ளையாகத் தெரி கின்றது. இது ஒளியை விழிப்பாவையில் (pupil) மட்டும் படுமாறு செய்கிறது. விழிப்புறப்படலம் கண்ணின் முன்புறத்தில் கருவிழிப்படலத்தின் (corna) தொடர்ச்சியாக உள்ளது.

இரண்டாம் அடுக்கு, விழியடிக் கரும்படலம் என்னும் மையப்படலமாகும். இது பல இரத்தக் குழாய்களைக் கொண்டுள்ளது. இந்த அடுக்கின் உள்பரப்பு கருமையாக உள்ளது. அதனால் கண் உருண்டையின் உட்புறத்தில் எதிரொளியால் ஒளி சிதறுவதைக் குறைக்கிறது. இவ்விழியடிக் கரும் படலம் குற்றிழைத் தசையோடு (eiliary muscle) தொடர்ச்சியாக உள்ளது. குற்றிழைத் தசைக்கு முன்பகுதியில் ஐரிஸ் என்னும் தசைநார் உள்ளது. இது கறுப்பு அல்லது பழுப்பு அல்லது ஊதா நிறத் தில் இருக்கும். மையத்தில் உள்ள துளை கண்பாவை எனப்படும். இதன் அளவு ஒளிக்கற்றையின் தன்மைக் குத் தகுந்தவாறு சுருங்கி விரியும் தன்மை கொண்டது.

மூன்றாம் அடுக்கு, பின் விழித்திரை ஆகும். இந்த அடுக்குதான் பார்வையின் உண்மையான இடம் ஆகும். இது கண் உருண்டையின் உட்புறப்பரப்பில் பரவியுள்ளது. இது ஒளியை அறியக்கூடிய பகுதி யாகும். இது ஐந்து அடுக்குச் செல்களால் ஆனது.

விழித்திரையில் கோல் செல்கள், கூம்புச் செல்கள் என இரு வகைச் செல்கள் உண்டு. இவற்றின் மேல் ஒளிபடும்போது அதில் உள்ள நரம்புச் செல் களில் உந்தல்கள் ஏற்பட்டுப் பார்வை நரம்புகள் மூலமாக மூளைக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. விழித்திரையின் பார்வைப்புள்ளி (fovea) விழித்திரை யில் ஒரு பள்ளமாக விழிப்பாவையின் நேராகப் பின்னால் காணப்படுகின்றது. இதில் புகுவாய்கள் நெருக்கமாக உள்ளன. கண்ணிலிருந்து நரம்புச் செல் தொடங்கும் இடத்தில் கோல், கூம்புச் செல்கள் காணப்படுவதில்லை. அதனால் அந்த இடம் ஒளிக் கற்றைகளை உட்கவர முடியாது. இவ்விடம்



கண்ணின் கிடைமட்டக்குறுக்குத்தோற்றம்

1. இமை இணைப்படலம். 2. விழிவெண்படலம். 3. ஐரிஸ் 4. வில்லை. 5. குற்றிழைத்தசை. 6. வில்லையைக்குற்றிழைத் தசையுடன் இணைக்கும் பந்தகம். 7. கண்முன் அறை. 8. கண்பின் அறை. 9 + 10. விழிக்கோளத் தசைகள் 11. விழி வெளிப்படலம். 12. கண்ணின் இரத்தநாள உறை. 13. விழித் திரை 14. பார்வைப்புள்ளி. 15. பார்வைத்தகடு. 16. பார்வை நரம்பு 17. விட்ரியஸ் பகுதி.

குருட்டுப்புள்ளி எனப்படும். கோல் செல்கள் மங்கலான வெளிச்சத்திலும், கூம்புச் செல்கள் மிகை ஒளியிலும் வேலை செய்கின்றன.

கண்ணாடி வில்லை இருபுறமும் குவிந்த உறுப்பாகும். அவற்றில் இரத்த நாளங்கள் இல்லை. இது ஒளிபுகும் தன்மை வாய்ந்தது. சிலியரித் தசையின் உதவியால் கண்ணாடி வில்லையின் வளைவு மாற்றப்படுகிறது. இதன்மூலம் கண்ணால் பொருள்களைப் பல்வேறு தொலைவுகளில் பார்க்கமுடிகிறது.

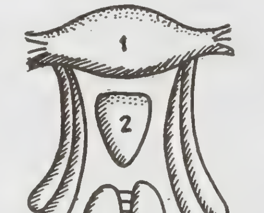
கண்பள்ளங்களும் நீர்த்தன்மைகளும். கண்ணில் இரு அறைகள் உள்ளன. அவை முன்னும் பின்னுமாக அமைந்துள்ளன. முன் அறை கருவிழிப்படலத்திற்கும் கண்ணாடி வில்லைக்கும், பின் அறை கண்ணாடி வில்லைக்கும் பின் விழித்திரைக்கும் இடையில் உள்ளது. முன் அறை நீர்க்கூறாலும் (aqueous humor) பின் அறை பளிங்கு நீர்க்கூறாலும் (vitreous humor) நிரப்பப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு நீர்க்கூறுகளும் ஒளிக்கதிர்களைப் பின்விழித்திரையின் மையத்தில் விழச்செய்வதில் பங்கேற்கின்றன.

கண்ணீர்ச் சுரப்பி கண்குழியின் வெளிப்புற மேல் ஓரத்தில் உள்ளது. அதன் நாளங்கள் இமை இணைச் சவ்வுப்பையின் மேற்புறத்தில் திறக்கின்றன. கண் கோளத்தின் முன் பகுதியில் எப்போதும் கண்ணீர் காணப்படுவதால் விழி வெண்படலம் உலர்வதில்லை.

பார்வையின் வேதியியல். கோல் செல்களில் ரொடாப்சின் என்னும் வேதிப் பொருள் உள்ளது. ரொடாப்சினுடன், ரெட்டினைன் என்னும் நிற அணுவும், ஆப்சின் என்னும் புரதமும் கலந்திருக்கும். ரொடாப்சினில் ஒளி தாக்கும்போது அது மஞ்சள் நிறக் கலவையாகிறது. இக்கலவையில் ரெட்டினைனும் ஆப்சினும் கலந்திருக்கும். ஒளியின் உட்கவர்பு நீடிக்கும்போது ரொடாப்சின் வைட்டமின் A ஆக மாற்றமடைகிறது. ஒளி ஊடுருவல் நின்று இருட்டாகும்போது கரோட்டினாய்டு மீண்டும் ரொடாப்சினாகிறது. ஒளி புகுவதால் ஏற்படும் வேதி மாற்றங்களைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

ரொடாப்சின் ஒளி லூமி ரொடாப்சின்
↓
மெட்டாரொடாப்சின்
↓
ரொடாப்சின் ← ரெட்டினைன் + ஆப்சின்
→ வைட்டமின் A

கண் வேலை செய்யும் விதம். பொருளிலிருந்து வரக்கூடிய ஒளி கருவிழிப்படலம், கண்ணாடிவில்லை,



ஓம்மட்டீடியம்

கரு விழிப்படலம், படிகக்கூம்பு. நிறச்செல் விழித்திரைச் செல்கள், ராப்டோம், அடிச்சவ்வு நரம்பு.

கண் நீர்மம் வழியாக விழித்திரையில் சிறிய உருவ மாகத்தலைகீழாக விழுகிறது. ஐரிஸ் ஒளியைத் தேவை யான அளவிற்குக்கட்டுப்படுத்துகிறது. விழித்திரையை அடையும் ஒளிக்கதிர்கள் கோல்களையும் கூம்புகளை யும் தூண்டுகின்றன. இதனால் எழும் கிளர்த்தல் பார்வை நரம்பு வழியாக மூளைக்குச் செல்கிறது. பார்வைத் தூண்டல்கள் பெருமூளைப்புறணியில் உணரப்பட்டுப் பார்வை உணர்வுகள் எழுகின்றன. கண்ணாடி வில்லை குவியத் தொலைவின் அளவை மாற்றித் தொலைவிலுள்ள பொருளின் உருவத்தை யும் அருகில் உள்ள உருவத்தையும் கண்ணால் தெளி வாகப் பார்க்க முடிகிறது.

வண்ணப் பார்வை (colour vision). கூம்புச் செல்களே வண்ணங்களை அறிய உதவுகின்றன. அவை மூன்று வகைப்படும். இம்மூன்றிலும் வெவ் வேறு வேதிப் பொருள்கள் உள்ளன. இவை நீலம், பச்சை, சிவப்பு ஆகிய வண்ணக்கதிர்களை உட்கவர் கின்றன என்று கருதப்படுகின்றது.

கணுக்காலிகளின் கூட்டுக்கண். ஒரு கூட்டுக்கண் (compound eye) பலசிறிய கண்களை அல்லது தனிக் கண்களைக் கொண்டது. சிறிய கண்களை ஓம்மட் டீடியம் (ommatidium) என்பர். இவை ஒன்றுடன் ஒன்று தனித்தும், கீழ்ப்பகுதி நரம்புகளால் பிணைக் கப்பட்டுமிருக்கும். ஓம்மட்டீடியாவின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தை ஆராய்ந்தால் அதன் விழிவெண்படலம் மேற்புறத்தில் வளைந்திருக்கும். இதற்குப் பின் படிகக் கூம்பு (crystalline cone) உண்டு. விழி வெண்படலமும் படிகக் கூம்பும் சேர்ந்து வில்லையாக (lens) வேலை செய்கின்றன. இதற்கு அடுத்து உள்ள நீண்ட ராப்டோம் என்னும் பகுதி ஒளிக்கதிர்களை விலக்கக்கூடியது. ராஃப்டோமைச் சுற்றி 7 - 8 விழித்திரை செல்கள் உள்ளன. விழித் திரைச் செல்களின் இறுதிப்பகுதி நரம்புகளாக வெளி வந்து பார்வை நரம்புச் செல் திரளுடன் (optic nerve ganglia) சேர்ந்துள்ளன. ஓம்மட்டீடியத்தைச் சுற்றி நிற அணுச்செல்கள் உள்ளன. ஒவ்வோர் ஓம் மட்டீடியாவும் பொருளின் ஒரு சிறிய பகுதியையே பதிவு செய்யும். இதைப்போல அனைத்து ஓம் மட்டீடியாவும் பொருளின் பல பகுதியைப் பதிவு செய்யப் பொருளின் முழு உருவத்தைப் பார்க்க முடிகிறது.

முதுகெலும்பு உள்ள விலங்கினத்தின் கண்ணுக்கும், கணுக்காலிகளின் கூட்டுக் கண்ணுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமை. முதுகெலும்பு உள்ள விலங்குகளின் கண் பல ஒளி அறியும் செல்களாலும், ஒரு கண்ணாடி வில்லையாலும் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இவை கணுக்காலிகளின் (arthropod) கூட்டுக் கண்களைவிட மேன்மையாகக் கருதப்படுகின்றன. மேலும் அதில் பார்வைக் கூர்மை (visual acuity) மிகுதியாக உள்ளது. இருப்பினும் கண்தக அமைப்பின் மூலம் இதனால் மிக அருகிலுள்ள பொருளை மிகத்தெளிவாகப் பாக்க முடியாது. ஆனால் கணுக்காலிகளின் கூட்டுக் கண்ணால் சில மி.மீ தொலைவில் உள்ள பொருளைக்கூடத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியும். முதுகெலும்பு விலங்குகளின் கண்ணால் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட புற ஊதாக்கதிர்களையும் மிகு அலை நீளம் கொண்ட அகச் சிவப்புக் கதிர் களையும் பார்க்க முடியாது. ஆனால் கணுக்காலியின் கூட்டுக்கண்ணால் அவற்றைப் பார்க்கமுடியும். மேலும் கணுக்காலியின் கூட்டுக் கண்ணால் 200° க்கும் மேல் உள்ள பரப்பைக் காண முடியும். முதுகெலும்பு விலங்கின் கண்ணால் அந்த அளவு பார்க்க இயலாது. இவ்விரு வகைக் கண்களின் உள் அமைப்பில் பல வேற்றுமைகள் இருப்பினும் சில ஒற்றுமைகள் உள் ளன. அதாவது ஒளிவேதியலில் இரண்டும் ஒன்று பட்டுக் காணப்படுகின்றது.

கண்ணின் குறைபாடுகள்

கிட்டப் பார்வை (Myopia). இதில் அருகிலுள்ள பொருளைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியும். தொலைவி லுள்ள பொருள் தெளிவாகத் தெரியாது. இக்குறை பாட்டில் கண் உருண்டை நீளமாக இருக்கும். இத னால் கண்ணாடி வில்லைக்கும், விழித்திரைக்கும் உள்ள இடைவெளி மிகும். எனவே உருத்தோற்றம் விழித்திரைக்கு முன்பாக விழும். இக்குறைபாட்டை, குழிவில்லை பொருந்திய கண்ணாடி மூலம் சீராக்கலாம்.

தூரப்பார்வை. இதில் தொலைவிலுள்ள பொரு ளைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியும். ஆனால் அருகி லுள்ள பொருளைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியாது. இக்குறைபாட்டில் கண் உருண்டை மிகவும் சுருங்கிய தாக இருக்கும். இதனால் கண்ணாடி வில்லைக்கும் விழித்திரைக்கும் உள்ள இடைவெளி மிகவும் குறை வாக இருக்கும். எனவே அருகிலுள்ள பொருளின் உருத்தோற்றம் விழித்திரைக்குப் பின்னால் விழும். இக்குறைபாட்டைக் குவிவில்லை பொருத்திய மூக்குக் கண்ணாடி அணிந்து நீக்கலாம்.

சமதளமில்லாத கண் நிலைமை. இதில் கண்ணாடி வில்லையின் வளைவு சமமில்லாமல் இருக்கும். இத னால் கண்ணாடி வில்லையின் வெவ்வேறு பகுதியி லிருந்து வரும் ஒளி சமமில்லாமல் விலக்கப்பட்டு ஒரு குவிமையத்தில் விழாது. எனவே உருத்தோற்றம் மங்கலாகத் தெரிகிறது. இதை உருளை வில்லை பொருத்திய கண்ணாடி மூலம் சீர்செய்யலாம்.

- ந. இராமலிங்கம்

ஒளியேற்றம்

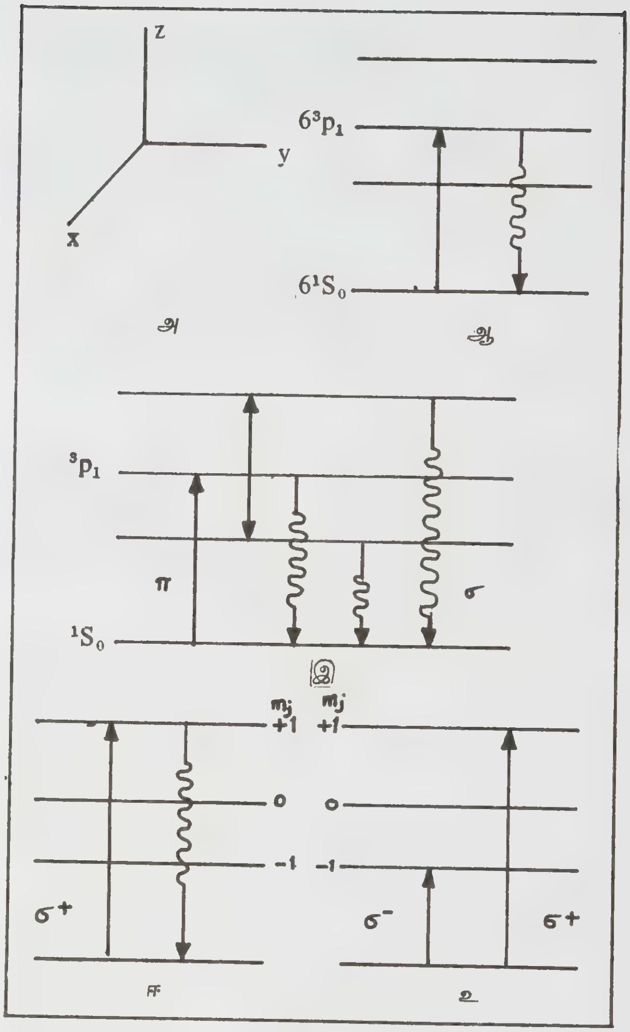
அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளின் தெரிவுசெய் நிலையை உருவாக்க, ஒளிஅதிர்வெண் கொண்ட

மின்காந்தக் கதிர்வீச்சைப் பயன்படுத்துதலே ஒளி யேற்றம் (optical pumping) எனப்படும். கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட மாதிரிக்கூறு ஆற்றல் மட்டங் களுக்கிடையே சமமாக விரவப்பட்ட தொடக்கநிலை யில் இருந்து சமநிலையற்ற இறுதி விரவல் நிலைக்கு மாற்றப்படுகிறது. சமநிலையற்ற அல்லது ஒளியேற்ற நிலைபெற்ற மாதிரிக் கூற்றின் ஒளியியல் பண்பு களைப் பயன்படுத்திப் பல இயற்பியல் பண்புகளைக் காணலாம். மேலும் லேசர் வினைக்கு ஓர் ஊடகத்தை ஆயத்தம் செய்ய இவ்வொளியேற்ற முறை பயன் படுகிறது.

1953இல் பிராசல், கச்ட்லர் என்போர் பாத ரசத்தின் $^3p_1$ என்னும் ஆற்றல் மட்டத்தில் ஒளி யேற்ற ஆய்வுகளைச் செய்தனர். ஒளியேற்றம் செய்யக்கூடிய குறிப்பிட்ட ஆற்றல் மட்டங்களுள் காந்தத் துணையாற்றல் மட்டங்கள், மீநுண்மட்டங் கள், குறிப்பிட்ட மூலக்கூறுகளின் அதிர்-சுழல் ஆற்றல் மட்டங்கள் என்பன அடங்கும். இத்தகைய ஆய்வு களால் அணுக்கருத் தற்சுழற்சி கருக்காந்தத் திருப்புத்திறன், கருவின் நான்முனைத் திருப்புத் திறன், எலெக்ட்ரான் காந்தத்திருப்புத்திறன், அணு மூலக்கூறுகளின் மீநுண் செயலெதிர்ச் செயல், g-கூற்றெண் கிளர்ச்சி நிலைக் கால அளவு ஆகியவற் றைக் கணக்கிடலாம். லேசர், மேசர் கண்டுபிடிப்பு களுக்கு ஒளியேற்ற ஆய்வுகள் முன்னோடியாக அமை கின்றன. ஒளியேற்ற காந்த அளவிகள், அணு இயக்கக் கடிகை ஆகியவற்றில் ஒளியேற்றம் பயன்படுகிறது.

தொடக்கக்கால ஒளியேற்ற ஆய்வுகள் அணுக் களின் காந்தத் துணை மட்டங்கள் சார்ந்தனவாகவே அமைந்தன. அக்காந்தத் துணை மட்டங்களைப் பலதிறப்பட்ட முறைகளில் ஏற்ற இயலும். அனைத்து ஆய்வுகளிலும் அணு கிளர்வுறும்போது கோண உந்தம் மாறாமல் உள்ளது. ஃபோட்டான்கள் ஓரலகு கோண உந்தம் உடையனவாகவும், கோண உந்தத்தின் கூறுகள் முனைவாக்குத்திறன் விளைவைப் பொறுத் துக் கதிர்வீச்சுச் செல்லும் திசையில் அமைவனாகவும் இருக்கும். முனைவாக்க விளைவைக் கட்டுப்படுத்து வதன் மூலம் தேவையான ஒளியேற்ற முறையின் பொருத்தமான கிளர்ச்சியைத் தேர்ந்தெடுக்க இயலும். கதிர்வீச்சு உட்கவர்தலைக் கண்டுணர்தல், அலைநீள மாற்றம், ஒளிர் கதிர்வீச்சின் முனைவாக்க விளைவு, ஒளி அலைப் பண்பேற்றம் ஆகியன கொண்டு ஒளியேற்றப்பட்ட கூறுகளின் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கிடையேயான விரவல் பற்றிக் கண்டுண ரலாம். அணுக்கற்றைகளின் செறிவு மாற்றங் கொண்டு ஒளியேற்ற முறையை அறியலாம்.

கிளர்நிலையில் அணு. பாதரசத்தின் $^3p_1$ என்னும் நிலையின் சமமான துணைமட்டப் பிரிவு ஏற்படுத் தும் ஆய்வு மூலம் அணுவின் கிளர்நிலையில் ஒளி யேற்றம் பற்றி விளக்கலாம்.



படம் 1.

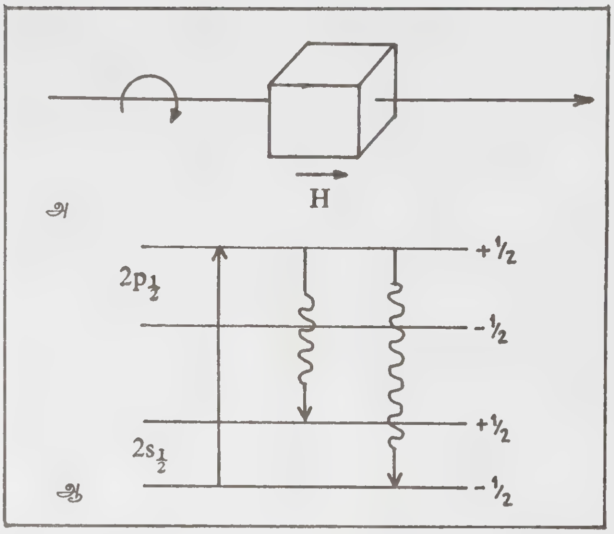
படம் 1 (அ) இல் காட்டியுள்ள ஆய்வு அமைப்பைக் கொள்ளலாம். பாதரச ஆவி அடங்கிய சிறு கலத்தின் (cell) மீது X-அச்சின் வழியாகப் பாதரசத்தின் 253.7×10^{-9} மீட்டர் அலைநீளமுள்ள கதிர் வீச்சு செலுத்தப்படுகிறது. கதிர் வீச்சின் மின் திசையன் Z-அச்சுத் திசையில் முனைவாகு உடையதாக இருக் கின்றது. Z-அச்சுக்கு இணையாகக் காந்தப்புலம் அமைக்கப்படுகிறது. படம் 1 (ஆ)இல் காட்டியுள்ள படி $^1S_0$ என்னும் கீழ்மட்ட நிலையில் இருந்து $^3p_1$ என்னும்கிளர்நிலைக்கு எலெக்ட்ரான் இடம்பெயர்ந்து மீளும்போது வெளியிடப்படும் ஒளிர்தலை Y-அச்சு வழியாகக் காணலாம். காந்தப்புலத் திசைக்கு இணையான திசையில் முனைவாக்க விளைவுடைய இவ்வொளிர் கதிர்வீச்சு π வகையைச் சார்ந்தது. இம்முறையில் கோண உந்தம் மாறுபடாமல் இருப்ப துடன் கிளர்நிலையில் உள்ள பாதரச ஆவியில் காந்தமாக்கல் நிகழவில்லை.

ரேடியோ அதிர்வெண்ணுடைய காந்தப்புலத்தில் பாதரச ஆவி வைக்கப்படும்போது கிளர்நிலையின் பிற காந்தத் துணை மட்டங்களுக்கு இடப்பெயர்ச்சி நிகழ்கிறது. இந்நிலையில் வெளியிடப்படும் கதிர் வீச்சில் σ-வகை ஒளிர்தலும் அடங்கியிருக்கும். (σ-வகை என்பது காந்தப்புலத் திசைக்குச் செங்குத்துத் திசையில் முனைவாக்கமுடைய ஒளிர்தல்). இவ்வகை இடப்பெயர்ச்சியைப் படம் 1 (இ) இல் காணலாம். π-வகை ஒளிர் கதிர்வீச்சின் செறிவு குறைவதைக் கொண்டும் σ-வகை ஒளிர்கதிர்வீச்சின் செறிவு உயர் வதைக்கொண்டும் கிளர்நிலையில் உள்ள பாதரச ஆவியின் காந்த ஒத்ததிர்வு இடப்பெயர்ச்சியைக் கணக்கிடலாம். இந்த ஆய்வில் ஒரு வகை இரட்டை ஒத்ததிர்வு செயற்படுத்தப்படுகிறது. ஒளியியல் ஒத்ததிர்வு, ரேடியோ அதிர்வெண் ஒத்ததிர்வு ஆகிய இரண்டும் ஒருங்கிணைக்கப்படுகின்றன.

படம் 1 (ஈ)இல் காட்டியுள்ளபடி வட்ட முனை வாக்கமுடைய அல்லது σ-வகைக் கதிர்வீச்சு Z-அச்சு வழியாக முன்னேறும்போது வட்ட முனைவாக்கத் தின் திசையைப் பொறுத்து $m_j=+1$ அல்லது $m_j=-1$ என்னும் மட்டங்களில் கிளர்ச்சி உருவாக்கப் படுகிறது. σ^+, σ^- வகைக் கதிர் வீச்சுகளைப் பயன் படுத்தி வேறு வகையான கிளர்ச்சியை உண்டாக்க லாம். இதைப் படம் 1 (உ) இல் காணலாம். இவ் வகை ஆய்வில் காந்தத்திருப்புத் திறன் மாறிலியாக உள்ளது. அணுவில் ஒத்ததிர்வு ஒளிர்தலின் முனை வாக்க விளைவில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் காண் பதன் மூலம் துணை மட்டங்களுக்கு இடையேயான கிளர்வுறு காந்த ஒத்ததிர்வு இடப்பெயர்ச்சியைக் கண்டு பிடிக்க இயலும்.

நிலையான மின்புலத்தில் பாதரச ஆவி வைக்கப் படும்போது ஸ்டார்க் விளைவு ஏற்படுகின்றது. காந்தப் புலத்தின் மீது மின்புலமும் இணையாக மேலே பொருத்தப்படும்போது $m=0$ என்னும் ஆற்றல் மட்டத்திற்கும் $m=1$ என்னும் ஆற்றல் மட்டத் திற்கும் இடையேயான இடைவெளியும் $m=0$, $m=-1$ ஆகிய மட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளியும் சமமாக இரா. அத்துடன் அணுக்கருத் தற்சுழற்சி காந்தத் திருப்புத்திறன் இருப்பதால், காந்தத் துணை மட்டங்கள் மேலும் பிரிவடைகின்றன. இத்தகு சூழ்நிலையில் சீமன் (zeeman) ஒத்ததிர்வு இடப் பெயர்ச்சியைக் காண்பதுடன் மீநுண் இடப் பெயர்ச்சியையும் காணலாம். மேற்கூறிய இடப் பெயர்ச்சிகளை ஒளிர்தலின் செறிவு, முனைவாக்க மாற்றங்களால் உணரலாம்.

தாழ்நிலை அணு. ஒளியேற்ற ஆய்வுகள், தாழ் நிலையில் உள்ள அணுக்களின் முகப்புநிலை இணைப் பொருமையை (orientation alignment) உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன. இவ்வாய்வுகளை அணுக்கற்றைகள் அல்லது பரும ஆவியின் மீது செய்ய இயலும்.



படம் 2.

படம் 2(அ) இல் காட்டியுள்ளபடி, சோடிய ஆவி விளக்கு வெளியிடும் D_2 வரி வடிகட்டி நீக்கப்பட்ட வட்ட முனைவாக்கமுடைய D_1 வரி உள்ள கதிர் வீச்சுக் காரத்தன்மை உடைய உலோக ஆவி அடங்கிய செல்லின் (Cell) மீது செலுத்தப்படுகிறது. ஒளியேற்ற கதிர்வீச்சுத் திசைக்கு இணையாகக் காந்தப்புலம் (H) அமைக்கப்பட வேண்டும். செல்லின் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும் ஒளியின் செறிவைக் கண்காணிக்க வேண்டும். இம்முறையில் தூண்டப் பட்ட இடப்பெயர்ச்சிக்குத் தேர்வு விதி உண்டு. அதன் மூலம் Δ mj = +1 அல்லது -1 ஆக இருக்கலாம். ஆனால் இரண்டுமாக இருக்கக்கூடாது. இத்தேர்வு விதி வட்ட முனைவாக்க விளைவின் திசையைப் பொறுத்தும், காந்தப்புலத் திசையைப் பொறுத்தும் படம்2 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு அமையும்.

தாழ்நிலை, ஒன்றிலிருந்து இடப்பெயர்ச்சி அடைந்து கிளர்வுறு நிலையை அடைகிறது. ஆனால் கதிர்வீச்சை வெளியிட்டு மீண்டும் தன்நிலை அடையும்போது இரு துணை மட்டங்களுக்கும் திரும்பி விடும். முதலில் ஒளியேற்ற கதிர்வீச்சில் வைக்கப்படும்போது ஆவி செல்லின் ஒளி புகாத் தன்மையைக் காணலாம். அணுக்கள் உட்கவர் நிலை களில் இருந்து வெளியேற்றப்படுவதால் ஊடுருவும் கதிர் வீச்சின் செறிவு உயர்கிறது. இது வெளி யேற்றுதல் மீளுதல் ஆகியவற்றிற்கிடையே சமநிலை ஏற்படும் வரை நிகழும். இருளில் குறிப்பிட்ட நேரம் மீள் நிலை எய்த ஏற்பளித்தால், கதிர்வீச்சு வெளி யிடுதலைக் காணலாம். மீண்டும் ஒளியேற்றும்போது ஆவி செல்லின் ஒளிபுகாத் தன்மை உயர்கிறது. இது மீள்நிலை எய்திய அணுக்கள் மீண்டும் வெளியேற்றப் படுவதால் நிகழ்வது.

தற்சுழற்சிப் பரிமாற்றம். இரண்டு துகள்கள் மோதிக் கொள்ளும்போது ஒன்றினுடைய கோண உந்தம் மற்றொன்றிற்கு மாற்றப்படும் இம்முறை, ஒளியேற்ற இயலாத அணுக்கட்டமைப்பிற்கு இணைப் பொருமை அல்லது முகப்புநிலை அளிக்கப் பயன்படுகிறது. ஒளியேற்றப்பட்ட 'அ' வகை மாதிரிக் கூறு 'ஆ' வகை மாதிரிக் கூறின் மீது மோத ஏற்பளிப்பதால் முகப்புநிலை 'ஆ' க்கு மாற்றப்படுகிறது. 'அ', 'ஆ' இரண்டும் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையே விரவப்பட்ட சமநிலையை அடைகின்றன. 'ஆ' வின் முகப்புநிலையற்ற தன்மை மீண்டும் 'அ' விற்கு மாற்றப்படுகிறது. 'அ' வின் மாறுபாட்டை ஒளியியல் முறையில் கண்டுபிடிக்கலாம். தனித்த எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சி ஒத்ததிர்வையும் எலெக்ட்ரான்களின் காந்தத் திருப்புத்திறனையும் அளக்க இம்முறை பயன்படுகிறது.

ஆற்றல் குறைந்த காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக முன்னேறும் வட்ட முனைவாக்கமுடைய D_1 என்னும் கதிர்வீச்சால், ஆவி செல்லில் உள்ள கீழ் மட்டச் சோடிய அணுக்கள் திசையமைக்கப்படுகின்றன. தொடர்ந்து வரும் குறுகிய ரேடியோ அதிர்வெண்கொண்ட துடிப்புகளால் செல்லில் எலெக்ட்ரான்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. ஒளியேற்றப்பட்ட சோடிய ஆவியுடன் தற்சுழற்சிப்பரிமாற்ற மோதலால் எலெக்ட்ரான்கள் காந்த ஒத்ததிர்வு இடப்பெயர்ச்சியின் தெவிட்டுநிலைத் தற்சுழற்சியின் திருப்புதலில் முடிகிறது. இவ்வகைத் திசைத்திருப்பம் மீண்டும், தற்சுழற்சிப் பரிமாற்ற மோதலால் சோடிய ஆவிக்கு மீண்டும் அனுப்பப்படுகிறது. சோடிய ஆவியின் வட்ட முனைவாக்கமுடைய D_1 கதிர்வீச்சின் மிகுதியாகும் உட்கவர்தலால், எலக்ட்ரான்களின் ஒத்ததிர்வைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

அணு அமைப்பு ஆய்வுக்கு ஒளியேற்றச் செய்முறைத் திறம் இயல்பாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதற்குக் காரணம், லேசர் கண்டுபிடிக்கப்படுவதற்கு முன் எளிதாகக் கிடைத்த ஒரு செறிவார்ந்த ஒற்றை நிற ஒளி மூல அணு நிறமாலை விளக்கேயாகும். அணுக்களில் வலிமையான ஒத்ததிர்வு ஒளிர்தல் இடப்பெயர்ச்சி, ஒளியேற்ற ஆய்வுகளால் எந்த நிலைபற்றி ஆய்வு செய்ய இயலும் என்பதை முடிவுசெய்கிறது. திண்மப்பொருள், மூலக்கூறுகளின் அமைப்பு ஆகியவை பற்றிய ஆய்வு, தற்செயலாகக் கிடைக்கக் கூடிய சரியான செறிவார்ந்த ஒற்றை நிற ஒளி மூலத்தைப் பொறுத்தே அமையும். இதனால் ஆய்வு செய்ய வேண்டிய நிலை பொதுவாக முன்னதாகவே முடிவு செய்யப்பட்டு விடுகிறது. லேசர் நிறமாலையியலில் அடிப்படை ஒளியேற்றத் தத்துவம் பயன்படுகிறது. ஆனால் செறிவார்ந்த ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் கிடைப்பதில் இருந்த தடைகள் பெரும்பாலும் நீக்கப்பட்டு விட்டன.

- சா. நாகராசன்

ஒளிர்ச்சி

ஓர் ஒளி மூலம் ஒரு நொடியில் அனைத்துத் திசைகளிலும் வீசக்கூடிய ஒளியாற்றல் அந்த மூலத்தின் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் (total luminous flux) எனப்படும். அது அனைத்துலகச் செந்தர மெழுகு வத்தித்திறன் (international standard candle) என்னும் அலகால் அளக்கப்படுகிறது. ஒரு சதுர செண்டிமீட்டர் பரப்பளவுள்ள கரும்பொருள் ஒன்று பிளாட்டினத்தின் உருகு நிலையான 1769°C வெப்ப நிலையில் இருக்கும்போது அதிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியாற்றலில் 60 இல் ஒரு பங்கு அனைத்துலகச் செந்தர மெழுகுவத்தித்திறன் எனப்படும்.

ஓர் ஒளி மூலத்தின் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் F எனலாம். ஒளி மூலத்தின் ω திண்மக் கோணம் கொண்ட ஒரு பரப்பின் மேல் இந்த ஒளியாற்றல் விழுமாயின் F/ω என்னும் தகவு அப்பரப்பின் ஒளி விளக்கச் செறிவு (luminous intensity) அல்லது ஒளி வீசு திறன் ஆகும். ஒளி விளக்கச் செறிவு $L=F/\omega$ அல்லது $F=L\omega$. ஒளி மூலத்தின் மொத்தத் திண்மக் கோணம் 4π ஆதலால் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் $F=4\pi L$. ஒளி விளக்கச் செறிவின் அலகு லூமென் ஆகும்.

ஒரு நொடிக்கு ஒரு மெழுகுவத்தித்திறன் அளவு ஒளி வீசும் சீரான ஒரு புள்ளி மூலத்திலிருந்து ஓர் அலகுத் திண்மக் கோணம் கொண்ட (ஒரு செண்டிமீட்டர் தொலைவில் ஒரு சதுர செண்டிமீட்டர் பரப்பளவுள்ள) பரப்பின் மேல் விழும் ஒளியின் அளவு ஒரு லூமென் ஆகும்.

F என்னும் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் கொண்ட ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி A பரப்பளவுள்ள பரப்பின்மேல் விழுந்தால் அப்பரப்பின் ஒளிர்ச்சி (illuminance), $I=F/A$ ஆகும்.

R ஆரம் கொண்ட ஒரு கோளத்தின் மையத்தில் F என்னும் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் உடைய ஒரு புள்ளி மூலம் வைக்கப்பட்டிருந்தால் அந்தக் கோளப் பரப்பில் ஒவ்வொரு சதுர செண்டிமீட்டர் பரப்பிலும் ஏற்படும் ஒளிர்ச்சி $= F/4\pi R^2$. கோளம் அலகு ஆரம் கொண்டது ஆனால் ஒளிர்ச்சி $=F/4\pi$. ஒரு லூமென்/சதுர செண்டி மீட்டர் என்பது ஒரு ஃபோட் (phot) எனவும் ஒரு லூமென்/சதுர அடி என்பது ஒரு அடி மெழுகுவத்தி (foot candle) எனவும் குறிக்கப்படும். லூமென்/சதுர மீட்டர் ஒரு லக்ஸ் (lux) அல்லது மீட்டர் மெழுகுவத்தி எனப்படுகிறது.

ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிர்ச்சி அந்தப் புள்ளி ஒளி மூலத்திலிருந்து இருக்கும் தொலைவின் இருமடிக்குத் தலைகீழ் விகிதத்தில் இருக்கும். இது லாம்பெர்டின் ஒளிர்ச்சி விதியாகும். ஒரு தளம் ஒளி

மூலத்தில் இருந்து வரும் ஒளிக் கற்றைக்குச் செங்குத்தாக இராமல் சாய்ந்திருந்தால், தளத்தின் ஒளிர்ச்சி ஒளிக்கற்றைக்கும், செங்குத்துத் தளத்திற்குமுள்ள கோணத்தின் கொசைன் மதிப்பிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இது லாம்பர்ட்டின் கொசைன் விதி எனப்படும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிர்தல்

வெப்பத்தால் மட்டுமே ஒரு பொருளிலிருந்து வெளிப்படுவதாகச் சொல்ல முடியாத ஒளி, தன்னொளிர்வு (luminescence) எனப்படும். ஒளி உமிழ்வைத் தூண்டி விடுகிற ஆற்றல்தோன்றிய தன்மையைப் பொறுத்துத் தன்னொளிர்வுகள் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு வேதி வினையின் காரணமாகத் தோன்றிய ஆற்றலால் தூண்டப்படும் ஒளி உமிழ்வு வேதி ஒளிர்வு (chemiluminescence) எனப்படும். சாதாரண வெப்ப நிலைகளில் பாஸ்ஃபரஸ் மெல்ல ஆக்சிஜனேற்றம் அடையும்போது இத்தகைய தன்னொளிர்வு தோன்றும். வேதி ஒளிர்வு ஓர் உயிரியில் உண்டாகும்போது அது உயிரி ஒளிர்வு (bioluminescence) எனப்படுகிறது. மின்மினிப்பூச்சிகளிலும் வேறு பல உயிரிகளிலும் தோன்றும் ஒளிர்வு இத்தகையது. வேதி ஒளிர்விலும் உயிரி ஒளிர்விலும் நிகழும் வேதி வினையின் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி ஒளியாக மாற்றப்படுகிறது.

சில வகைத் தன்னொளிர்வுகள், வெளியிலிருந்து ஏதாவது ஒரு வகை ஆற்றல் பொருளுக்குள் பாய்வதாலும் ஏற்படும். அந்த ஆற்றல் பிறக்கும் மூலத்தின் அடிப்படையில் இந்தத் தன்னொளிர்வுகளுக்குப் பெயர் சூட்டப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் மோதுவதால் ஏற்படும் ஆற்றலின் காரணமாகத் தோன்றும் ஒளிர்வு எதிர்மின் ஒளிர்வு (cathodoluminescence) எனப்படும். எக்ஸ் கதிர்களாலோ காமாக்கதிர்களாலோ உண்டாக்கப்படும் தன்னொளிர்வு கதிரியக்க ஒளிர்வு (radioluminescence) அல்லது ரான்ட்ஜன் ஒளிர்வு (roentgenoluminescence) எனப்படுகிறது.

புறஊதா, கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளி, கீழ்ச் சிவப்பு ஆகிய கதிர்களின் ஆற்றலால் தோன்றும் தன்னொளிர்வு ஒளிஒளிர்வு (photoluminescence) ஆகும். மின்புலத்தைச் செலுத்துவதால் தோன்றும் ஆற்றலால் நிகழும் தன்னொளிர்வு மின் ஒளிர்வு (electroluminescence) எனப்படும். பிற காரணங்களால் ஏற்படும் ஒளிர்வுகளுக்கு முன்னொட்டுச் சொற்களைச் சேர்த்துப் பெயர் சூட்டப்படுகிறது. பலசமயங்களில் ஒரே பொருளைப் பல்வேறு வெளிக் காரணிகளின் மூலம் கிளர்வூட்டி ஒளிர்வுறச் செய்யலாம். எவ்வகையான கிளர்வூட்டலாயிருந்தாலும், ஒளிர்வை உண்டாக்கும் அணு அல்லது மூலக்கூறு நிகழ்வுகள் அடிப்படையில் ஒரே தன்மையானவை. எனவே மேற்காணும் பாகுபாடுகள் வசதியை முன்னிட்டுச் செய்யப்பட்டவையே அன்றி அடிப்படையில் வேறுபட்டவையல்ல.

ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவமைப்புள்ள ஒளிர்வு அமைப்பில் போதுமான செறிவுள்ள கிளர் ஆற்றலைச் செலுத்திக் கிளர்வுற்ற அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கிளர்வூட்டப்படாத அணுக்களின் எண்ணிக்கையைவிட உயர்த்தும்போது லேசர் செயல் தோன்றும். லேசர் என்பது ஓரியல்பான கதிர்களைக் கொண்டு தூண்டப்பட்ட ஒளிர்வு ஆகும். பிறவகை ஒளிர்வு அமைப்புகளைக் கிளர்வூட்டும்போது ஓரியல்பற்ற ஒளிர்வு தானாகவே தோன்றுவதிலிருந்து லேசர் செயல் முற்றிலும் வேறுபட்ட நிகழ்வு ஆகும்.

கிளர்வூட்டும் ஆற்றல் பாய்வது நின்ற பிறகும் பொருளின் ஒளிர்வு நீடிக்கும் தன்மையைப் பொறுத்துத் தன்னொளிர்வு வகைப்படுத்தப்படுவதும் உண்டு. கிளர்வூட்டும் ஆற்றலைச் செலுத்துவதை நிறுத்திய பிறகும் பல பொருள்களில் தொடர்ந்து ஒளிர்வு வெளிப்பட்டுக்கொண்டேயுள்ளது. இந்தத் தாமதித்த ஒளிர்வு பொதுவாகப் பின்னொளிர்வு (phosphorescence) எனப்படுகிறது. கிளர்வூட்டப்படும் நேரத்தில் வெளியிடப்படும் ஒளிர்வு நின்றொளிர்வு (fluorescence) எனப்படுகிறது. ஒளிர்வு நீடிப்பதன் அடிப்படையில் இடப்பட்ட இப்பெயர்கள் முழுமையான பொருளில் அமையவில்லை. ஏனெனில் ஒளிர்வு நீடிப்பது என்பது ஒளிதுலக்கிக் கருவிகளின் தன்மையைப் பொறுத்து உள்ளது.

தக்க கருவிகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு மைக்ரோ விநாடியில் ஆயிரத்தில் சிலபங்கு நேரமே நீடிக்கும் பின்னொளிர்வுகளைக் கண்டுபிடிக்க முடிகிறது. ஆனால் வெறும் கண்ணால் அவற்றைக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. எனவே ஒளிர் கண்ணால் கண்டுபிடிக்கப் படுவதா அல்லது வேறு கருவிகளால் கண்டுபிடிக்கப் படுவதா என்பதைப் பொறுத்து அந்த ஒளிர்வு நின்றொளிர்வாகவோ பின்னொளிர்வாகவோ குறிப்பிடப்படுகிறது. இவற்றைத் தெளிவாகப் பிரித்தறிவதற்காக வெப்பநிலையைச் சார்ந்திராத வகையில் ஏற்படும் தாமதித்த ஒளிர்வு நின்றொளிர்வு எனவும், தாமதித்த ஒளிர்வு நேரம் வெப்பநிலை உயரும்போது குறைவதாக அமைந்துள்ள தாமதித்த ஒளிர்வு பின்னொளிர்வு எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளிர்வை வெளியிடும் பொருள்கள் பல துறைகளில் பயன்படுகின்றன. எனவே பிற கதிர்களை வெளியிடும் பொருள்களை விடக் கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளியை வெளியிடும் பொருள்கள் பெருமளவிலும் விரிவாகவும் ஆராயப் பட்டுள்ளன. ஆனால் தன்னொளிர்வு மின்காந்த நிறமாலையின் எப்பகுதியிலும் உள்ள கதிர்களைக்

கொண்டதாக இருக்கலாம். விரைவான எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் ஓர் உலோக இலக்கைத் தாக்கும் போது உண்டாகும் எக்ஸ் கதிர்வீச்சு தன்னொளிர்வு நிகழ்வேயாகும். கரும் ஒளிவிளக்குகள் (black light lamps) எனப்படும் சில ஒளிர்விளக்குகளில் ஓர் ஒளிர்வுத் தூள் பூசப்பட்டிருக்கும். அது ஏறத்தாழ 360 நானோமீட்டர் அலை நீளமுள்ள புறஊதாக் கதிர்களை வெளியிடக் கூடியதாக இருக்கும். இவ்விளக்குகள் மருத்துவத்திலும், கிருமிகளைக் கொல்லவும் பயன்படுகின்றன. கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளி அல்லது எதிர்மின்முனைக் கதிர்கள் அல்லது மின்புலங்கள் படும்போது அண்மைக் கீழ்ச்சிவப்புக்கதிர்களை ஒளிர்வு மூலம் வெளியிடக்கூடிய பல திண்மங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

வளிமங்கள், நீர்மங்கள், படிகத்தன்மையுள்ள திண்மங்கள், படிகத்தன்மையற்ற திண்மங்கள் போன்ற அனைத்து வகைப் பொருள்களிலும் ஒளிர்வு தோன்ற முடியும். ஒரு வளிமத்தின் வழியாக ஒரு மின்னிறக்கத்தைச் செலுத்தும்போது சில குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளில் வளிமத்திலுள்ள அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் கிளர்வூட்டப்பட்டு ஒளிர்வு செய்யலாம். இதற்குப் பாதரச ஆவி விளக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு ஆகும். அதில் பாதரச ஆவி மின்னிறக்கத்தால் கிளர்வூட்டப்பட்டுக் கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளியையும் புறஊதாக் கதிர்களையும் வெளியிடுகின்றது. சில குறிப்பிட்ட வண்ணப் பொருள்களைப் பல வகையான கரைப்பான்களில் கரைத்து உண்டாக்கப்படும் எண்ணெய்கள் அல்லது கரைசல்கள் புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது மிகுதியாக ஒளிர்வு செய்கின்றன.

இயற்கையில் கிடைக்கும் பல கனிமங்கள், செயற்கையான கரிமங்கள், கனிமங்கள் போன்ற ஆயிரக்கான திண்மங்கள் பல வகையான கிளர்வூட்டல்களின் மூலம் ஒளிர்வுறுமாறு வைக்கப்படுகின்றன. வளிமங்களின் ஒளிர்வு, விளம்பரப் பலகைகளிலும் ஒளிர்வு விளக்குகளிலும் பயன்படுகிறது. லேசர் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபிறகு வளிம ஒளிர்வின் பயன்பாடுகள் பன்மடங்கு பெருகிவிட்டன. பல அணு நிலை, மூலக்கூறு நிலைவளிமங்கள் லேசர்விளைவு காட்டும் பொருள்களாகப் பயன்படுகின்றன. வண்ணக்கரைசல்களும், கனிம வளிமங்களும்கூட லேசர்களை உண்டாக்கும்.

நெடுநேரம் பின்னொளிர்வு செய்யும் திண்மங்கள் பாஸ்ஃபோர்கள் (phosphors) எனப்படும். லூமினோஃபோர் (luminophor) ஃப்ளூவோர் (fluor) ஃப்ளூவோர்ஃபோர் (fluor phor) என்றும் அவை குறிப்பிடப்படுகின்றன. சில தூய திண்மங்களே திறமையுடன் ஒளிர்வுறுகின்றன. நாஃப்தலின், ஆந்த்ரசீன் போன்ற மணமுள்ள ஹைட்ரோகார்பன்கள் ஒளிரக் கூடியவை. அவற்றில் உறைந்த ஃபீனைல் வளையங்கள் மட்டுமே உள்ளன. வேற்றணு வளைய மூடிய கரிமச் சேர்மங்களும் (heterocyclic closed ring compounds) ஒளிர்கின்றன. ஆனால் மூடிய ஃபீனைல் வளையம் இருப்பதால் மட்டுமே பொருள் திறம்பட ஒளிரும் எனக் கூற முடியாது. ஏனெனில் அக்கட்டமைப்பில் ஹைட்ரஜனுக்குப் பதிலாக அமையக்கூடிய சில அணுக்கள், குறிப்பாக ஹாலோஜன்கள் ஒளிர்வுறும் செயலுறு திறனைக் குறைக்கும். இவ்வாறு பயனுறுதிறன் தணிக்கப்படுவது உள்ளிட மாற்றம் (internal conversion) எனப்படும். டங்ஸ்டேட்டுகள், யுரானில் உப்புகள், பிளாட்டினோ சயனைடுகள், அருமண் (rare earth) தனிமங்களின் பல உப்புகள் போன்றவை அறை வெப்பநிலையில் திறம்பட ஒளிர்வு செய்யும் தூயநிலைப் பொருள்கள் ஆகும்.

தூண்டிகளும் நச்சுகளும். சில மாசுகளைக் கலப்பதன் மூலம் பல கனிமப் பொருள்களுக்கு ஒளிர்திறனை ஏற்படுத்த முடிகிறது. அவை மில்லியனில் சில பங்குகள் என்னும் சிறிய அளவிலிருந்து பெருமளவு வீதம் வரை கலக்கப்படுகின்றன. இம்மாசுகள் தூண்டிகள் (activators) எனப்படுகின்றன. தூண்டியும் அதைச் சுற்றி அமைந்துள்ள கனிம அணுக்களும் ஒளிர்மையம் (luminescent centre) எனப்படும். அதே போல வேறு சில மாசுகள் ஒளிர்வைத் தணிக்கவோ தடுக்கவோ செய்கின்றன. அவை நச்சுகள் எனப்படும். பாஸ்ஃபோர்களுக்கு அளிக்கப்படும் கிளர்வு ஆற்றலை நச்சுகள் கதிர்வீசா முறையில் செலவழித்து விடுகின்றன அல்லது தமக்கு உரிய தனிச் சிறப்பு அலை நீளக்கதிர்களாக வெளியிடுகின்றன. அது ஆய்வாளரின் நோக்கத்திற்கு ஒத்துவாராத நிறமாலைப் பகுதியில் அமைந்து விடலாம். பலவகையான பொருள்களில் மாங்கனீஸ் திறம்பட ஒளிர்தலை ஏற்படுத்தும். மாங்கனீஸ் கலந்த பாஸ்ஃபோர்கள் பொதுவாகப் பச்சை, மஞ்சள் அல்லது ஆரஞ்சு நிற ஒளிகளை வெளியிடும்.

செம்பு, வெள்ளி, தாலியம், காரீயம், குரோமியம், டைட்டேனியம், ஆண்ட்டிமனி, வெள்ளீயம் அருமண் தனிமங்கள் ஆகியவையும் பலசமயங்களில் தூண்டிகளாகப் பயன்படுகின்றன. கனிமப் பாஸ்ஃபோர்களுக்குப் பொதுவாக இரும்பு, நிக்கல், கோபால்ட் ஆகியவை நச்சுகளாகக் கலக்கப்படுகின்றன. சிலிகேட்டுகள், பாஸ்ஃபேட்டுகள், அலுமினேட்டுகள், சல்ஃபைடுகள், செலினைடுகள், கார ஹாலைடுகள், கால்சியம், மக்னீசியம், பேரியம், துத்தநாகம் ஆகியவற்றின் ஆக்சைடுகள் தூண்டிகள் அல்லது நச்சுகளை ஏற்கும் பொருள்களாகப் பயன்படுகின்றன. ஏற்பிகளும் தூண்டிகளும் நன்கு பொடி செய்யப்பட்டுக் கலக்கப்பட்டு உயர் வெப்பநிலைகளில் வினை ஆற்றப்பட்டும் பாஸ்ஃபோர்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. காலியம் பாஸ்ஃபைடு, காலியம் ஆர்செனைடு போன்ற அரைக் கடத்திப் பொருள்களை அவற்றில் மின்னூட்டங்களை உட்செலுத்தும் வகையில் தயாரித்து ஒளிரவும், லேசர் உண்டாக்கவும் செய்யலாம்.

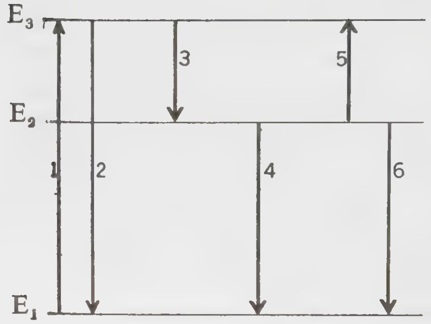
புற ஊதாக் கதிர் ஒரு பொருளில் ஒளிர்வை உண்டாக்க வேண்டுமானால் அப்பொருள் புறஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்வதாக இருக்க வேண்டும். வெவ் வேறு அலை நீளங்களிலுள்ள புற ஊதாக் கதிர்களை வெவ்வேறு அளவுகளில் உட்கவரும் பொருள்கள் சில அலை நீளங்களில் வலிவாக ஒளிர்வனவாகவும், வேறு சில அலை நீளங்களில் ஒளிர்வு காட்டாதவையாகவும் இருக்கும். இதே காரணத்தால் புறஊதாக் கதிர்கள் படும்போது ஒளிராத பல பொருள்கள், எக்ஸ் கதிர்கள் படும்போது வலிவாக ஒளிரும்.

ஓர் அணு E_1 என்னும் சிறும ஆற்றல் நிலையிலும் E_2, E_3 என்னும் கிளர்வு ஆற்றல் நிலைகளிலும் இருக்க முடியும் எனக்கொள்ளலாம்.

E_2-E_1 என்னும் ஆற்றல் உள்ள ஃபோட்டானை அது உட்கவருமானால் அந்த ஃபோட்டானின் அதிர்வெண் $\gamma = (E_2-E_1)$ h; அதன் அலை நீளம் $\lambda = hc/(E_2-E_1)$; அந்த அணு E_2 என்னும் ஆற்றல் நிலைக்குப் போய்விட்டுச் சிறிது நேரம் கழித்து E_1 நிலைக்குத் திரும்பி விடும். அப்போது உமிழப்படும் ஒளியின் அதிர்வெண் γ ஆகவும் அலை நீளம் λ ஆகவுமே இருக்கும். இந்நிகழ்வு ஒத்ததிர் ஒளிர்வு (resonance luminescence) எனப்படும்.

மிகுதியான அணுக்கள் கிளர்வூட்டப்பட்ட பிறகு கிளர்வூட்டும் கதிர்கள் நீக்கப்படுமானால் ஒளிர்வின் செறிவு நேரம் ஆக ஆக அடுக்குக்குறி வடிவில் குறையும். கிளர்வூட்டும் கதிர்கள் நீக்கப்பட்டு t நொடிகள் கழித்து ஒளிர்வுச் செறிவு I_t, கிளர்வூட்டும் கதிர்கள் நீக்கப்படும் நேரத்தில் செறிவு I_0 எனில் $I_t = I_0e^{-t/T}$. இங்கு T என்பது ஓர் அணு தானாகவே ஒளிர்வு செய்யும் மாற்றம் அடைவதற்குத் தேவைப்படும் சராசரி நேரம். அதற்குக் கதிர்வீசு வாழ்நேரம் (radiactive life time) எனப்பெயர். அது வெப்பநிலையைச் சார்ந்து இராது. இவ்வெப்பநிலை சாராமை தன்னொளிர்வு என்னும் நிகழ்வுக்குச் சிறப்பியல்பாகும். E_1, E_2 ஆகிய ஆற்றல் மட்டங்களுக்கிடையிலான மாற்றம் ஏற்பளிக்கப்பட்டதாக இருந்தால் அது நிகழ்வதற்கான வாய்ப்புகள் மிகுதியாக இருக்கும். அப்போது T மிகக் குறைவானதாயிருக்கும். கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளி உட்கவரப்படும்போது அல்லது உமிழப்படும்போது T இன் மதிப்பு 10^{-8} நொடி என்னும் அளவிலிருக்கும்.

கிளர்வுற்ற அணு சிறிதளவு ஆற்றலை இழந்து E_2 க்கும் E_1 க்கும் இடையில் உள்ள E_3 என்னும் ஆற்றல் மட்டத்தில் விழலாம். சான்றாக, கிளர்வுற்ற அணு வேறு ஓர் அணுவுடன் மோதினால் இது போல ஏற்படும். E_3 இலிருந்து E_1க்கு விழக்கூடிய வாய்ப்புகள் மிகுதியாக இருந்தால் அதாவது அம்மாற்றம் அனுமதிக்கப்பட்டிருந்தால் $\lambda = hc/(E_3-E_1)$ என்னும் அலை நீளமுள்ள ஒளி உமிழப்படும். (E_3-E_1) என்னும்



படம் 1. ஓர் அணுவின் ஆற்றல் நிலைகளும். மின் துகளுக்கான இடப்பெயர்ச்சியும்

E_1-சிறும ஆற்றல் நிலை; E_2 E_3-கிளர் ஆற்றல் நிலைகள் 1-கிளர்ச்சி; 2-ஒத்ததிர் ஒளிர்வு உமிழ்வு; 3-கதிர்வீச்சில்லாச் சிறும கிளர்வு ஆற்றல் இடப்பெயர்ச்சி; 4-E_3 இலிருந்து E,க்கு இடப் பெர்ச்சி அடையும்போது ஒளிர்வு உமிழ்தல்; 5-உமிழ்தல் நிலைக்கு அணு தூண்டப்படுதல்; 6-ஒளிர்வுத் தணிப்பு.

அளவு (E_2-E_1) ஐவிடச் சிறியதாக இருப்பதால் இந்த ஒளியின் அலை நீளம் ஒத்ததிர் ஒளிர்வு அலை நீளத்தைவிட மிகுந்திருக்கும். E_3-க்கும், E_1 க்கும் இடையில் மாற்றம் ஏற்பளிக்கப்படாததாயிருந்தால் E_3 என்பது போலியான நிலைத்த நிலையில் (metastable state) இருக்கும்.

அணு அந்த நிலையில் நீண்ட நேரம் நீடிக்க முடியும். வேறு ஓர் அணு மோதுவதால் அல்லது ஏதாவது ஒரு முறையில் அந்த அணுவுக்கு E_2-E_3 என்னும் அளவு ஆற்றல் தரப்படுமானால் அது E_2என்னும் உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு ஏறிப் பின்னர் சிறும ஆற்றல் நிலைக்கு இறங்க முடியும். போலியான நிலைத்தர நிலைக்களன் காரணமாகத் தாமதித்த பின்னொளிர்வு ஏற்படுகிறது. அணு E_3 இலிருந்து E_2 க்குச் செல்ல அது ஏதாவது ஒரு வகையில் ஆற்றலை உட்கவர வேண்டும். E_2 க்குச் செல்ல ஆகும் தாமதமும், பின்னொளிர்வும் பெரும்பாலும் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்துள்ளன. உயர் வெப்பநிலைகளில் அணுக்கள்விரைவாக E_2 க்குப் போய்விடும். எனவே குறுகிய நேரத்திற்குப் பொலிவுமிக்க பின்னொளிர்வு தோன்றும். குறைந்த வெப்ப நிலைகளில் அணு E_3 இலிருந்து E_2 க்குப்போக நேரமாகும். எனவே பின்னொளிர்வு நீண்டநேரத்திற்கும் பொலிவு குறைந்தும் தோன்றும்.

E_3 இலிருந்து E_2 க்கு ஏறுவதற்குப் பதிலாக அணு E_3 இலிருந்து E_1 க்குக் கதிர் வீசாமல் இறங்கி விடக்கூடும். வேறு ஓர் அணுவுடன் ஏற்படும் மோதலால் இது ஏற்படலாம். இது ஒளிர்வுத் தணிப்பு

(quenching) ஆகும். சில சமயங்களில் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் எலெக்ட்ரானை அணுவிலிருந்தே வெளியேற்றி அயனியாக்கம் செய்து விடலாம். அந்த எலெக்ட்ரான் வேறு ஓர் அணுவில் போய்ச் சிக்கிவிடலாம். அந்த எலெக்ட்ரான் தாய் அணுவுக்குத் திரும்புவதும் மேற்கண்ட இதே செயல் முறையில் ஒளிர்வுத் தணிப்பில் நீட்டிப்பு ஏற்படுத்தக்கூடும். இதே செயல்முறை கரிம மூலக்கூறுகள் அல்லது திண்மங்கள் போன்ற சிக்கலான அணுக்கூட்டமைப்புகளிலும் நிகழ்கிறது. ஆனால் இவற்றில் போலியான நிலைத்த நிலைகளிலிருந்து சிறும ஆற்றல் நிலைக்கு மாற்றம் ஏற்பட்டுப் பின்னொளிர்வு நீண்ட நேரத்திற்கு வெளிப்படும்.

நேர்போக்கற்ற ஒளியியல் சூழ்நிலைகள் அமைந்திருக்கும்போது சில அமைப்புகளில் பன்மைப் ஃபோட்டான் உட்கவர்தலால் (multiphoton absorption) ஒளிர்வு தோன்றக்கூடும். அந்த ஒளிர்வு படுகதிரைவிட மிகுதியான அதிர்வெண்ணுள்ள தாயிருக்கும். ஏனெனில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஃபோட்டான்களின் ஆற்றல் இணைந்து ஒரு ஃபோட்டான் ஆற்றலாக வெளிப்படுகிறது. சில சமயங்களில் இரட்டையான தூண்டி அணுக்கள் அல்லது அயனிகள் ஒரே ஒரு ஃபோட்டானை உட்கவர்ந்த பின்னர் அவை ஒவ்வொன்றும் ஓர் ஒளிர்வு ஃபோட்டானை வெளியிடுவதும் உண்டு.

உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு (sensitized luminescence). சில அமைப்புகளில் ஒரு வகைத் தூண்டி கிளர்வூட்டும் ஒளியை உட்கவர்ந்து அதன் ஆற்றலை இன்னொரு வகைத் தூண்டிக்கு மாற்றுகிறது. அதன் பிறகு இரண்டாம் தூண்டி ஒளியை உமிழும். இம் மாற்றத்தில் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் பங்கு கொள்வதில்லை. இந்நிகழ்வு உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு எனப்படும். இது பல கரிம மற்றும் கனிம ஒளிர்வு அமைப்புகளில் பரவலாகக் காணப்படுகிறது. ஒளிர் விளக்குகளில் பயன்படும் முக்கியமான பாஸ்ஃபோர்கள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. சான்றாக, கால்சியம் கார்பனேட்டில் இரட்டை இணை திறனுள்ள மாங்கனீஸ் (Mn^{2+}) மட்டுமே தூண்டியாகச் சேர்க்கப்பட்ட அமைப்பு, எந்த அலைநீளமுள்ள புற ஊதாக்கதிர்கள் பட்டாலும் மிகவும் வலிமை குறைந்த Mn^{2+} ஒளியையே உமிழும். புற ஊதாப் பகுதியில் Mn^{2+} அயனிக்கு மாற்றங்கள் தடை செய்யப்பட்டுள்ளன. இதனாலேயே அது புற ஊதாக் கதிர்களை மிகக் குறைந்த அளவில் உட்கவர்ந்து, மெல்ல ஒளிர் சிதைவு அடைகிறது.

இரட்டை இணைதிறனுள்ள காரீயம் (Pb^{2+} ஒற்றை இணைதிறனுள்ள தாலியம் (Tl^{+}), மூன்று இணைதிறனுள்ள சீரியம் ஆகியவற்றில் ஏதாவது ஒன்றை Mn^{2+} உடன் சேர்த்துக் கால்சியம் கார்பனேட்டில் கலந்து பெரும் பொலிவுடன் ஒளிரும் பாஸ்போர்களைத் தயாரிக்கலாம். இவற்றில் Mn^{2+} ஒளிர்வு குறைவாகத்தான் இருக்கும். ஆனால் இந்தப் பாஸ்ஃபோர்களைக் கிளர்வூட்டும் அலை நீளம் பிற தூண்டியைப் பொறுத்து மாறுகிறது. இந்தத் தூண்டி உணர்வூட்டி (sensitizer) எனப்படுகிறது. திண்மத்தில் தனி எலெக்ட்ரான்கள் உருவாகும் ஆற்றலைவிட மிகக் குறைவான ஆற்றல் அளவுகளில் அனைத்து உட்கவர்தல்களும் நிகழ்கின்றன. புற ஊதாக் கதிர்கள் Pb^{2+}, -Tl^{2+} அல்லது Ce^{3+} ஆல் உட்கவரப்பட்டுள்ளன. இவையனைத்தும் ஒளியை மிகுதியாக உட்கவாவதற்குக் காரணமான மாற்றங்களைப் பெற்றுள்ளன. இவ்வாறு உட்கவரப்பட்ட ஒளி ஆற்றல் அண்மையிலுள்ள Mn^{2+} தூண்டிகளுக்கு மாறுகிறது.

Mn^{2+} ஒளிர்வு தூண்டப்படுகிறது. உட்கவர் புள்ளியிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் உள்ள உமிழ்வுப் புள்ளிக்கு ஆற்றல் மாற்ற முடியும் என்பதைத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். Pb^{2+},Mn^{2+} ஆகிய மாசுகள் சேர்க்கப்பட்ட கால்சியம் சிலிகேட்டை வைத்துச் செய்யப்பட்ட ஆய்வுகள் காரீய அயனியை நெருங்கிச் சுற்றியுள்ள 28 அணிக் கோவைத் தலங்களுக்குள் ஏதாவது ஒன்றில் ஒரு Mn^{2+} அயனி இருக்குமானால், ஆற்றல் மாற்றம் நிகழ முடியும் எனக் காட்டுகின்றன. Mn^{2+} தூண்டியாக உள்ள பாஸ்ஃபோர்கள் தம் ஆற்றலைப் பரிமாற்று இடைவினைகளின் மூலம் பெறுவதாகத் தோன்றுகிறது.

செறிவுத்தணிப்பு (*concentration quenching.*) இது ஆற்றலின் ஒத்ததிர்வு மாற்றத்துடன் தொடர்புள்ள நிகழ்வு. பாஸ்ஃபோர்களின் தயாரிப்பில் தூண்டிகளின் செறிவை உயர்த்திக் கொண்டே போகும் போது முதலில் ஒளிர்வின் பொலிவு உயர்ந்தாலும் உயர் செறிவுகளில் பொலிவு மறைந்து விடுகிறது. உயர்செறிவுகளில் உட்கவரப்பட்ட ஆற்றல் ஒரு தூண்டியிலிருந்து அண்மையிலுள்ள இன்னொரு தூண்டிக்கு ஒத்ததிர்வு மாற்றத்தின் மூலம் இடம் பெயர முடிவதாகவும் இம்முறையில் திண்மம் அல்லது நீர்மத்தின் ஊடாக நகர்வதாகவும் நம்பப்படுகிறது. பொருளில் செறிவுத் தணிப்பு மையங்களான நச்சுகள் பரவியிருந்தால் இடம் பெயர்ந்து வரும் ஆற்றல், அம் மையங்களை அடையக்கூடும். அது அந்த மையங்களால் உட்கவரப்பட்டு ஒளிர்வு வீசா முறையில் செலவாகி விடலாம். மாசு அணுக்கள், காலியிடங்கள் இடப்பிறழ்ச்சிகளிலுள்ள வளைவுகள், இடப்பிறழ்ச்சிகளுக்கு அண்மையிலுள்ள இயல்பான அணிக்கோவை அணுக்கள், சில தூண்டி அயனிகளில் கூட நச்சுகளாகச் செயல்படலாம். தூண்டிகளின் செறிவு உயரும்போது

இடப்பெயர்ச்சி வேகம் பெருகித் தணிப்புச்செயல் மேம் படத் தொடங்கிவிடுகின்றன.

பல ஆக்சைடுகள், சல்ஃபைடுகள், செலினைடு கள், டெலூரைடுகள், ஆர்செனைடுகள், பாஸ்ஃபைடு கள் ஆகியவற்றில் ஒளிர்வு மையங்களுக்கு எலெக்ட் ரான் இயக்கத்தின் மூலம் ஆற்றல் மாற்றப்படுகிறது. இவற்றில் துத்தநாக சல்ஃபைடு விரிவாக ஆராயப் பட்டுள்ளது. எதிர்மின் முனைக்கதிர்க்குழாய்களிலும், மின் ஒளிர்வு விளக்குகளிலும் அது ஒளிர்பொருளாகப் பயன்படுகிறது. துத்தநாக சல்ஃபைடில் A_g^+,C_u^+ போன்ற ஒற்றை இணைதிறன் தூண்டிகள் கலக்கப் படுகின்றன. அவைZ_n^{2+} அயனிகளின் இடங்களைப் பிடித்துக் கொள்கின்றன. மின் நடுநிலையைப் பேணZ_n^{2+}க்குப் பதிலாக $Al^{3+}{}_{s}{}^{2}$ க்குப் பதிலாக Cl^- போன்ற அணிக்கோவை அயனிகளைப் பொருத்த வேண்டியுள்ளது. இத்தகைய கூடுதல் அயனிகள் துணைத்தூண்டிகள் (coactivators) எனப்படுகின்றன.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. *R.S. BeckerTheory and Interpreteation of Fluorescence and Phosphorsscencs,* Wiley Interscience, Newyork, 1969.

ஒளிர் மகுடம்

சூரியனின் செந்நிறப்புரைக்கு (chromosphere) அப் பால் சூரிய மண்டலத்தின் இறுதி எல்லைப் பகுதியில், பல மில்லியன் கி.மீக்குப் பரவியிருக்கும் புகைபோன்ற வெண்மை நிறத்தையுடைய ஓர் ஒளிவட்டமே சூரியன் ஒளிர்மகுடம் (corona) எனப்படும். சூரிய மண்டலத் தின் மேல் கிரீடம் போல் தோற்றமளிப்பதால் இதை ஒளிர்மகுடம் எனவும் கூறுவதுண்டு. ஆனால் உண்மை யில் மகுடம் போன்ற தன்மை இல்லாமல், ஓரிடத்தில் பெருத்தும் ஓரிடத்தில் சிறுத்தும் ஒரு பக்கம் ஒளி மிகுந்தும் ஒரு பக்கம் ஒளி மங்கியும் தோற்றமளிக்கும். சூரியன் முழு மறைப்பு ஏற்படும் ஒரு சில நிமிடங் களில் வானியல் ஆய்வாளர்கள், படங்கள், காட்சிக் குறிப்புகள் எடுத்து ஆய்வு நடத்தினர். ஆனால் தற் காலத்தில் அனுப்பப்படும் பல விண்வெளிச்சாதனை கள், ஓ.எஸ்.ஓ. (orbiting solar observatory) பலூன்கள், ஸ்கைலாப் ஏவூர்தி (skylab space craft) போன்றவை திரட்டி அனுப்பும் செய்திகளிலிருந்தும், படங்களிலிருந்தும் தகவல்கள் திரட்டப்படுகின்றன. மேலும் கதிரியக்கத் தொலைநோக்கிகள் (radio telescopes) மூலமும் கதிரியக்க அலை நீளங்களைக் கொண்டும் ஆய்வுகள் நடத்துகின்றனர்.

ஒளிர்மகுடம், பொதுவாக K-ஒளிர்மகுடம் அல்லது உள்ஒளிர்மகுடம் (K-corona or inner corona) என்றும், E ஒளிர்மகுடம் அல்லது வெளி ஒளிர்மகுடம் (F-corona or outer corona) என்றும் வகைப்படுத்தப் படுகிறது. K-வகை, 75000 கிலோ மீட்டருக்குமேல் உயர் வெப்பநிலை உடையதாகவும், தொடர்ச்சியான நிறமாலை கொண்டதாகவும், வேகமாக இயங்கு கின்ற எலெக்ட்ரான்கள் உடையதாகவும் இருக்கும். F வகை, சற்றுக் குறைவான வேகத்துடன் இயங்கும். தூசிப் பொருள்களையுடையதாகவும், உட்கவர் நிற மாலை கொண்டதாகவும், கோள்களுக்கிடைப்பட்ட வெளியில் பல மில்லியன் கிலோமீட்டர் பரப்புடைய தாகவும் உள்ளது.

சூரியக் கறைகளைப் (sun spots) பொறுத்து ஒளிர் மகுடத்தின் அமைப்பு மாறுகிறது. சூரியக் கறைகள் குறைவாக இருக்கும் இடத்தில், வெள் ளொளிச் சிறகுகள் போலவும், நீண்ட கதிர்கள் போலவும், சிறு கண்ணிகள் போலவும் பல அமைப்பு களில் தோற்றமளிக்கும். கறைகள் மிகுதியாக இருக்கு மிடத்தில் சூரிய வட்டத்தைச் சுற்றிலும் அவ்வள வாகச் சீராக அமையாமல் ஆனால் சமமாகப் பரவி யுள்ளது.

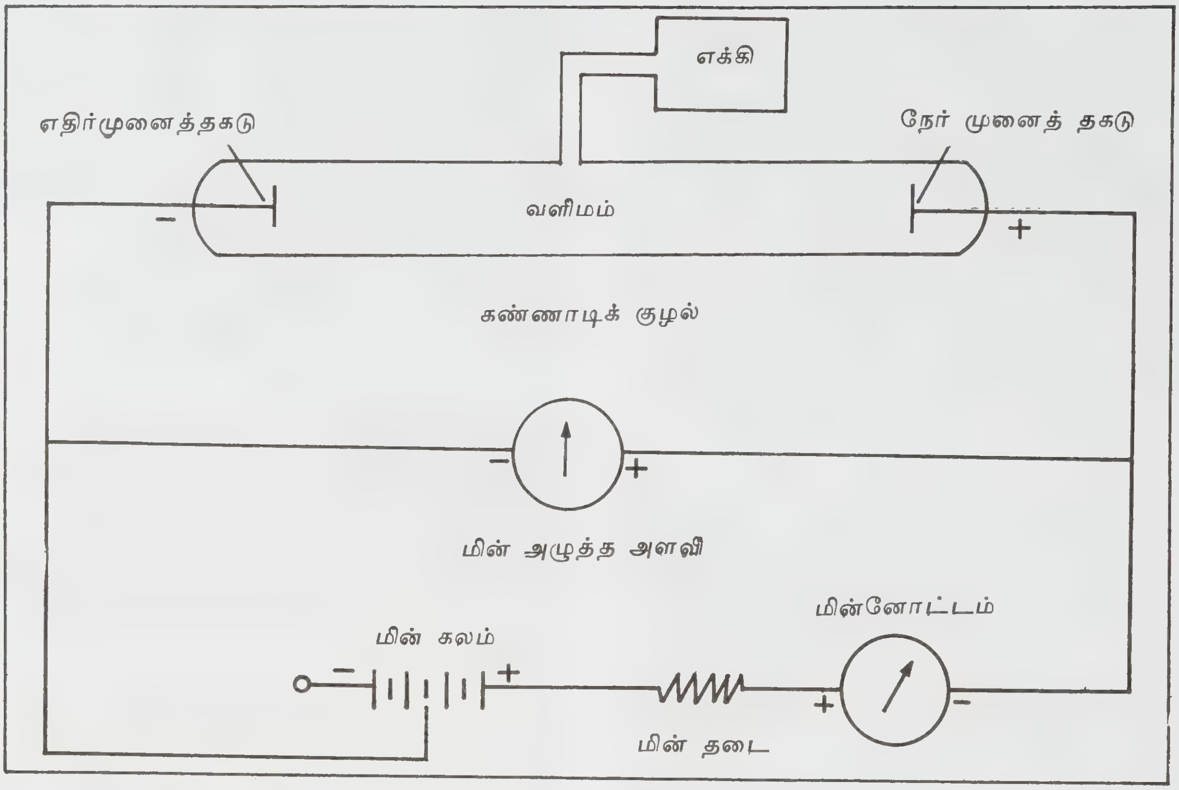
1930இலிருந்து சூரிய ஆய்வில் ஈடுபட்ட ஆய் வாளர் ஒளிர்மகுடத்தில் உள்ள வளிமத்தின் வெப்ப நிலை மிகமிக உயர்ந்து உள்ளதென்றும், அணுக்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மிகுஅளவில் நீக்கப்படு கின்றன என்றும், எலெக்ட்ரான்கள் அயனிகள் அடங்கிய துகள்களால் விண்வெளிப் பொருள்களில் ஒரு சில தாக்கமுறுகின்றன என்றும் கண்டுபிடித் துள்ளனர். ஸ்கைலாப் அனுப்பிய விவரப்படி ஒளிர் மகுடத்தின் வட, தென் துருவங்கள் அருகில் அடர்த்தி குறைவான பொருள்கள் இருப்பதுடன் இப்புரைகளிலிருந்து வெளிப்படும் சூரியக்காற்று புவி யின் வெளிமண்டலத்தில் காந்தப்புயலை (magnetic storm) ஏற்படுத்துவதாகவும் தெரிகிறது.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒளிர் மின்னிறக்கம்

வளிமப் பொருள்களில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதே ஒளிர் மின்னிறக்கம் (glow discharge) எனப்படுகிறது. வெண்ணிறக் குழல் மின் விளக்கும், அறிவிப்புக் குழல் மின் விளக்குகளும், பாதரச, சோடிய வளிம மின் விளக்குகளும் ஒளிர் மின்னிறக்கத்தின் சான்று களாகும். மழைக் கருமுகில் கூட்டத்தில் ஆங்காங்கே பளபளக்கும் மின்னலற்ற ஒளிச்சிதறல் இயற்கையின் ஒளிர் மின்னிறக்கக் காட்சியாகும்.

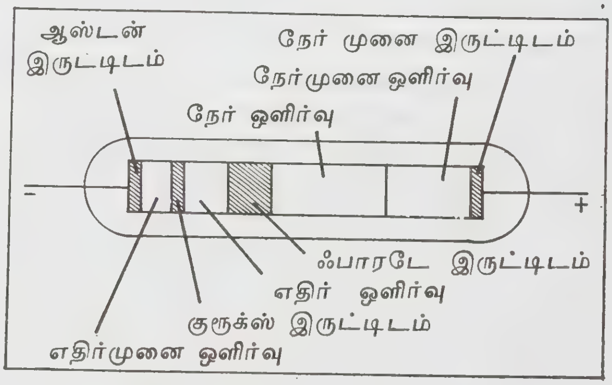
பொதுவாக, வளிமப் பொருள்களில் மின்னோட் டம் நிகழ்வதில்லை. ஆனால் 1725இல் டு ஃபே என் பார் செஞ்சூடான உலோகத் தகட்டின் அண்மையில்



படம் 1. வளிமத்தில் மின்னோட்டம்

உள்ள வளிமத்தில் மின்னோட்டம் கண்டார். பின்னர் 1882இல் ஜமின் என்பார் பாதரச வளிமத்தில் மின்னோட்டம் கண்டதன் பயனாக, மாறு மின்னோட்டத்தை நேர் மின்னோட்டமாக்கும் திசைமாற்றியும் (converter), 1901 இல் பீட்டர் கூப்பர் ஃகெவிட் உருவாக்கிய பாதரச வளிம மின் விளக்கும் நடைமுறைக்கு வந்தன.

வளிமத்தில் மின்னோட்டம். ஒரு கண்ணாடிக்குழலின் இரு முனைகளிலும் உலோகத் தகடுகள் பொருத்தப்பட்டு அடைக்கப்படுகின்றன. குழலின் உட்புறக் காற்று அல்லது வேறு வளிமத்தின் அழுத்தத்தைக் கூட்டிக் குறைக்க வெற்றிட எக்கி (pump) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகத் தகடுகள் வெளிப்புறத்தில் உள்ள மின்கலம் மின்தடை, மின்னழுத்தஅளவி, மின்னோட்ட அளவி இவற்றுடன் ஒரு மின் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்கலத்தின் மின்னழுத்தத்தை உயர்த்திக்கொண்டே வந்தால், உலோகத்தகடுகளிடையே உள்ள மின்புலமும் உயர்கிறது. இதனால் குழலில் உள்ள காற்று அல்லது வளிம மூலக்கூறுகளைச் சார்ந்த எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலும் கூடுகிறது. மின்னழுத்தம் ஒரு தகர்எல்லையைக் (break down) கடந்ததும் எலெக்ட்ரான்கள் தத்தம் மூலக் கூறுகளிலிருந்து தகர்க்கப்பட்டு வெளிவரும். அவை



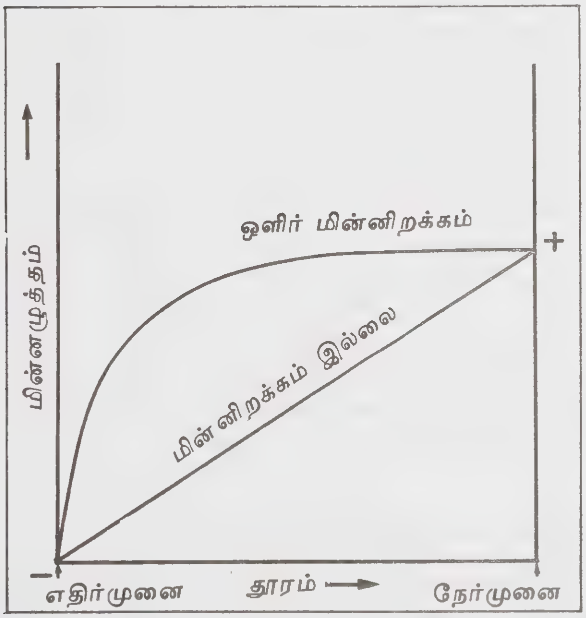
படம் 2, ஒளிர் மின்னிறக்கப் பகுதிகள்

மேலும் ஆற்றலைப் பெற்று, இதர மூலக் கூறுகளில் மோதி அவற்றின் எலெக்ட்ரான்களையும் தகர்ப்பதால், திடீரென ஒளிர் மின்னிறக்கம் ஏற்படுகிறது. அதுவரையில் இயங்காத மின்னோட்ட அளவியும் இயங்கி மின்னோட்டம் காட்டுகிறது.

பாஸ்ச்சன் (Paschen) என்பார் பல நீளக் கண்ணாடிக் குழல்களையும், பலவித வளிமங்களையும் கொண்டு நடத்திய ஆராய்ச்சியின்மூலம் தகர் எல்லை மின்னழுத்தம் வளிமத்தின் அழுத்தத்தையும் தகடுகளின் இடைவெளியையும் சார்ந்துள்ளது என்னும்

உண்மையைக் கண்டார். இது அவர் பெயரால் பாஸ்ச்சன் விதி எனப்படுகிறது. மேலும் ஒவ்வொரு வளிமத்திற்கும், ஒரு குறித்த அழுத்த-இடைவெளிப் பெருக்கத்தில் தகர் எல்லை மின்னழுத்தம் மிகக் குறைவாக உள்ளது என்பதையும் கண்டறிந்தார்.

ஒளிர் மின்னிறக்கப் பகுதிகள். ஒளிர் மின்னிறக்கம் ஏற்பட்டதும் கண்ணாடிக் குழலின் உட்புறம் முழுதும் ஒரே சீராக ஒளிர்வதில்லை. இருளும் ஒளியும் மாறி மாறிக் கலந்த ஒரு கலவையாக ஒளிர்கிறது. ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் தனிப் பெயர்கள் இடப்பட்டுள்ளன. இவை யாவும் படம் 2இல் முறையாகக் காட்டப் பட்டுள்ளன. மேலும் ஒளிர் மின்னிறக்கம் ஏற்படும் முன்பு குழலில் மின்னழுத்தம் ஒரே சீராக உள்ளது. ஆனால், மின்னிறக்கம் ஏற்பட்டதும் எதிர் முனைக் கருகில் மின்னழுத்த ஏற்றம் மிகுதியாகவும், பிற இடங்களில் குறைவாகவும் உள்ளதைப் படம் 3இல் காணலாம்.

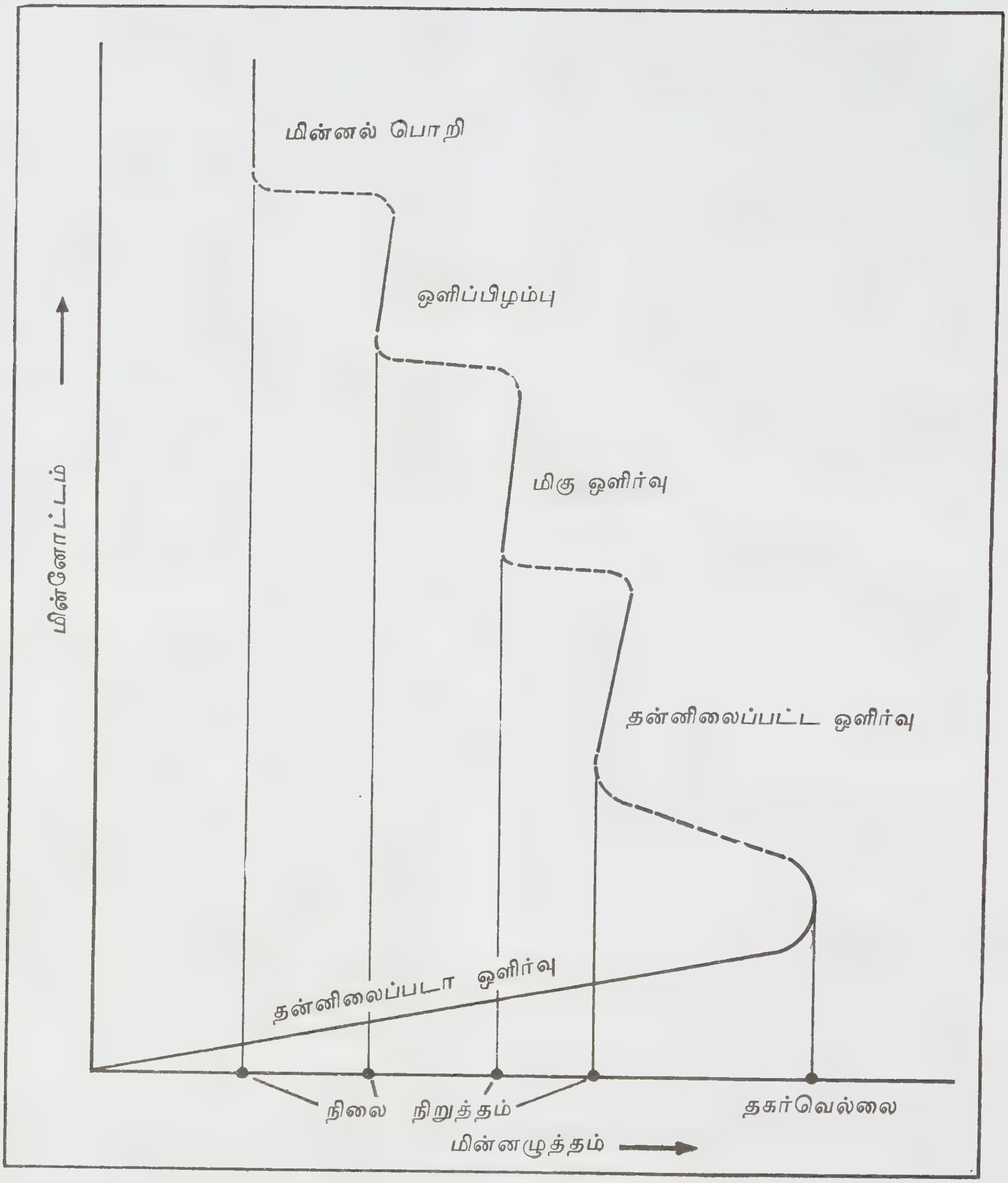


படம் 3. மின்னழுத்தமாற்றம்

ஒளிர் மின்னிறக்கத்தின் நிலைகள். படம் 1 இல் வளிமத்தில் மின்னோட்டம் காண்பதற்கான அமைப்புக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ் வளிம மின்னோட்டம் பல நிலைகளைக் கொண்டது. மின்கலத்தின் அழுத்தத்தைத் தொடக்கத்திலிருந்து சிறிது உயர்த்தினால், முதலில் விளைவது டவுன்சென்ட் ஒளிர்வு ஆகும். இந்நிலையில் மிகக்குறைந்த அளவிலான மின்னோட்டமே உள்ளது. எவ்வித ஒளிர்வும் கண்ணுக்குப் புலனாவதில்லை. இதையே தன்னிலைப்படா ஒளிர்வு (non-self maintaining discharge) என்பர். மின்னழுத்தம் தகர் எல்லை அளவை எட்டியதும், கண்ணுக்குப் புலப்படும் தன்னிலைப்பட்ட ஒளிர்வு ஏற்படுகிறது. இவ்வொளிர்வின் நிறம் வளிமத்தைப் பொறுத்துள்ளது. பாதரச வளிமம் நீலமாகவும், சோடிய வளிமம் மஞ்சளாகவும், நியான் வளிமம் சிவப்பாகவும் ஒளிரும். இவ்வித ஒளிர்வு உண்டானதும், அதை நிலைநிறுத்தத் தேவையான மின்னழுத்தம் தகர்வெல்லை அழுத்தத்தைவிடக் குறைவே ஆகும். எனவே மீதமுள்ள அழுத்தம் மின்தடையில் பயன்படுகிறது. இந்நிலையில் மின்கல அழுத்தத்தை மேலும் உயர்த்தினால், மின்னோட்டம் கூடுகிறது. ஆனால் நிலை நிறுத்த அழுத்தம் மிகக் குறைந்த அளவிற்கு உயர்கிறது. இதுவே சீர்செய் வளிமக் குழலின் (regulating gas tube) அடிப்படை ஆகும். மின்தடையே பெரும்பகுதி உயர் அழுத்தத்தைத் தாங்கிக் கொள்கிறது. மின்கல அழுத்தம் மேலும் உயர்ந்தால், திடீரெனக் குழலில் அசாதாரண ஒளிர்வு (abnormal glow) ஏற்படுகிறது. அத்துடன் மிகு ஒளிர்வின் நிலைநிறுத்த அழுத்தம் முன்பைவிடக் குறைகிறது.

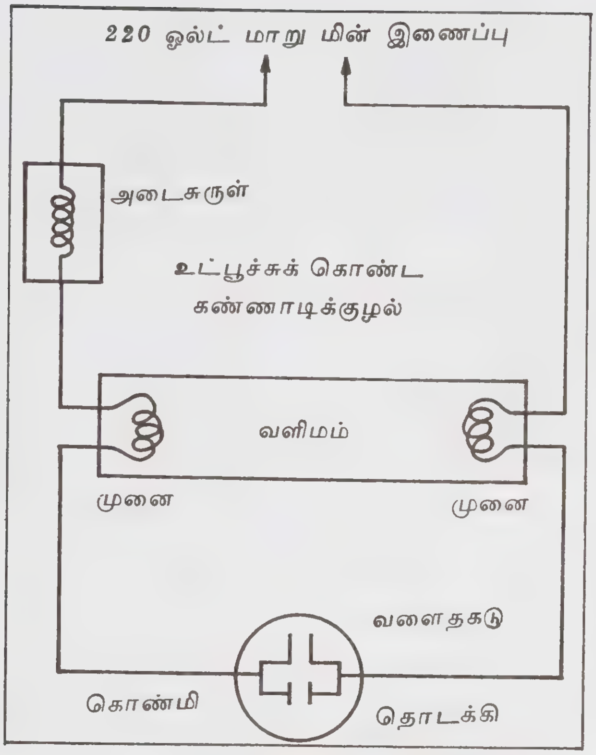
தொடர்ந்து மின்கல அழுத்தத்தை மேலும் உயர்த்தினால் குழல் முழுதும் நிறைந்திருந்த ஒளிர்வு, மிகு ஒளிப்பிழம்பாக மாறி ஒரு கோடு போல உலோகத்தகடுகளை இணைக்கிறது. இந்நிலையில் மிக உயர் மின்னோட்டமும், மேலும் குறைந்த நிலை நிறுத்த அழுத்தமும் ஏற்படுகின்றன. மின்கல அழுத்தம் மேலும் மிகுதியானால் ஒளிப்பிழம்பு மாறி, மின்னலைப் போன்ற சிதறொளி மின்னிறக்கம் (corona discharge) ஏற்படும். இதன் மின்னோட்டம் மிகுதி. ஆனால் நிலைநிறுத்த அழுத்தம் மிகமிகக் குறைவு. எந்நிலையிலும் மின்கல அழுத்தத்திற்கும் நிலைநிறுத்த அழுத்தத்திற்கும் உள்ள வேறுபாட்டை மின்தடை ஏற்றுக் கொள்கிறது. எனவே அனைத்து ஒளிர் மின்னிறக்க மின்சுற்றிலும், மின்தடை பயன் படுகிறது.

நடைமுறைக் கருவிகள். எந்த ஒரு கருவியின் ஒளிர் மின்னிறக்கத் திறனும் அனைத்து நிலைகளிலும் இயங்குவதில்லை. நேர் மின்னழுத்தத்தை ஒரு நிலையில் சீர்செய்யும் வளிமக் குழல்கள் சாதாரண ஒளிர்வுநிலையிலும், மின்குழல் விளக்குகள், அறிவிப்புக் குழல் விளக்குகள் சாலை விளக்குகள் போன்றவை மிகு ஒளிர்வு நிலையிலும், மாறு மின்னோட்டத்தை நேர்படுத்தும் பல முனைப் பாதரச நேர்படுத்திகள் ஒளிப்பிழம்பு நிலையிலும் இயங்குகின்றன. குழல் விளக்குகளில் மாறு மின்னோட்டம் பாய்வதால், இருமுனைகளுமே மாறி மாறி எதிர்முனை, நேர்முனை ஆகின்றன. மேலும் உலோகத் தகடுகளுக்குப் பதிலாக, மின்னோட்டத்தால் சூடேறும் கம்பிச்சுருள்கள் பயன்படுகின்றன. இதனால் ஒளிர் மின்னிறக்கம் எளிதாக உண்டாகிறது. இது படம் 5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4. ஒளிர் மின்னிறக்கத்தின் பல்வேறு நிலைகள்

மின்னிணைப்புக் கொடுத்ததும், அடைசுருள், இருமுனைக் கம்பிச் சுருள்கள் தொடக்கியில் உள்ள வளை தகடுகள் மூலம் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. முதலில் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டுள்ள வளை தகடுகள், மின்னோட்டத் தால் சூடேறி, வளைந்து தனித்தனியே விலகு கின்றன. அப்போது திடீரெனத் தடைப்படும் மின்னோட்டம் அடைச்சுருளில் ஏறத்தாழ 500 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகிறது. 400 வோல்ட் தகர்வெல்லை தேவைப்படுவதால், 220 வோல்ட்டில் ஒளிராத குழல் விளக்கு, இந்த 500 வோல்ட் மின்தூண்டலால் ஒளிரத் தொடங்குகிறது. ஏற்கனவே இருமுனைகளும் முதலில் பாய்ந்த மின்சாரத்தால் சூடாக்கப்பட்டு ஒளிர்வு ஏற்பட ஆய்த்தமாக உள்ளன. இவ்வாறு ஒளிர்வு ஏற்பட்டதும் அதை நிலை நிறுத்த ஏறத்தாழ 60வோல்ட் மின் னழுத்தமே தேவை. எஞ்சியுள்ள மின்னழுத்தம் அடைசுருளில் செலவாகிறது. தொடக்கியில் உள்ள



படம் 5. குழல் மின்விளக்கும் மின்சுற்றும்

கொண்மி, வளைதகடுகள் தொட்டு விலகும்போது ஏற்படும் திடீர் மின்மாற்றத்தால் ஏற்படக்கூடிய விளைவுகளைச் சீர் செய்கிறது. மேலும் அடைசுருளின் மின்தடை மிகவும் குறைவானதால், மின்னாற்றல் வீணாவதும் குறைகிறது.

- ந. நித்தியானந்தம்

ஒளிர்மீன்

விரைவாகவும் மிகுதியாகவும் ஒளியைக் கொடுக்கக் கூடிய அல்லது ஒளிரக்கூடிய விண்மீனுக்கு ஒளிர்மீன் (nova) என்று பெயர். ஒளிர்மீனின் ஒளிர்வு 10,000-60,000 மடங்கிற்கும் மிகுதியாகும். கூடுதலாகும் ஒளி சிலமணி நேரங்களிலிருந்து பல நாள் வரையில் இருக்கும். மேலும் ஒளிர்வு சீராகவும் அதே நேரத்தில் எதிர்பாராமல் மிகுதியாகவும் தோன்றும். இவ்விண்மீன் குறைவான நேரத்திற்கு நிலையான ஒளியைக் கொடுத்து விட்டு, முன்பு தான் பெற்றிருந்த ஒளிக்கு ஒரு மாதம் அல்லது ஓராண்டுக் காலத்திற்குள் மெதுவாகத் திரும்பும். இது போன்ற ஒளிர்மீன்கள் பல அண்டங்களிலும் (galaxies) நூற்றுக்கணக்கில் உள்ளதைக் கண்டறிந்துள்ளனர். ஒவ்வோர் ஆண்டும் பல புதிய ஒளிர்மீன்கள் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன.

தொடக்கக் காலத்தில் ஏற்பட்ட ஒளிர்சரிவைத் (decline) தொடர்ந்து பெரும்பான்மையான ஒளிர்மீன்கள் பின்வரும் வகையில் நிலைத்திரிபு நிலைக்கு (transmission stage)மாறும். இவற்றில்(அ)தொடர்ந்து மிகச்சீராக, மெதுவாக ஒளிர் சரிவு ஏற்படுதல் (ஆ) ஒன்று அல்லது இரண்டு பொலிவுப் பரிமாணம் (magnitude) வரை தொடர்ச்சியான, ஓரளவு ஒழுங்கான அதிர்வுகளுக்குச் செல்லுதல் (இ) முன்பிருந்த பொலிவை விடக் குறைந்து பின் அது முன்பிருந்த பொலிவுக்குத் திரும்புதல்.நிகழும் நிலைத் திரிபு நிலைகளின் இறுதியில் பெருமத்திற்கும் (maximum) ஏழு பொலிவுபப்ரிமாணத்திற்கும் கீழேஒளிர்மீன் இருக்கும். இறுதியான ஒளிர் சரிவு பல ஆண்டுக்காலத்தில் ஏற்பட்டாலும் இந்நிகழ்ச்சி சீராகவும் மெதுவாகவும் நடைபெற்ற ஒளிர்மீன் முன்பிருந்த ஒளி நிலைக்கு மீண்டும் திரும்புகிறது.

நிறமாலைச் சிறப்பியல்புகள். ஒளிர் மீனில் ஒளிர்வு மட்டும் மாறுவது இல்லை. அவ்வாறு மாறும்போது, அதன் அதிகமான, வேறுபட்ட ஆரத்திசை வேகத்தின் (radial velocity) காரணமாக, ஒளிர்மீனின் நிறமாலையிலும் குறிப்பிட்ட அளவு மாற்றம் ஏற்படும். ஒளிர்மீன், வெடிப்பிற்கு முன்னரோ ஒளிர்வு தோன்றத் தொடங்கும் காலத்திலோ அவ்விண்மீனின் நிறமாலை பற்றிய செய்திகள் மிகவும் குறைவு. ஆனால் பெருமப் பொலிவிலோ அதற்கு அருகிலோ ஒளிர்மீன் வரும்போது இதன் நிறமாலையைக் கண்டறிந்துள்ளனர். அதைப் பிரிவு 'அ' - 'ஊ' வரை படி நிலைகளாகப் பிரித்துள்ளனர். ஒளிர்மீன் வலிமையுடைய உட்கவர் கோடுகளைப் (absorbtion lines) பெற்றிருப்பதுடன், ஊதா வண்ணத்திற்கு அதிகமான விலக்கத்தையும் கொடுக்கின்றது. ஒளிர்வு அதிகமாகும்போது, அதிகமான ஆரத் திசை வேகங்களைக் கொண்டிருக்கிறது என்பதை இவ்விலக்கம் காட்டும்.

அதேபோல் பெரும ஒளிர்வைத் தொடர்ந்து ஒளிர்மீனின் நிறமாலை எதிர்பாராமல் மாற்றம் அடையும். உட்கவர் கோடுகள் சிவப்பு நிற நிறமாலையை நோக்கியவாறு உமிழும் கோடுகள் (emission lines) அகலமாகவும்,குறிப்பிடுமளவாகவும் தெரியும். மேலும், ஒளிர்மீன் பெரும ஒளிர்விலிருந்து குறையும்போது உட்கவர்தலின் பிற தொகுதிகள் தோன்றத் தொடங்கும். ஒவ்வொன்றும் ஊதா வண்ணத்தை நோக்கியவாறு மேலும் தொடர்ந்து விலகி, பின்னர் உமிழும் கோடுகள் அகலமாகவும், சீராகவும் தோன்றத்தொடங்கும். அப்போது முந்தைய உட்கவர் தொகுதிகளும், தொடரகமும் (continuum) மெதுவாக மறையும். ஹீலியம், நைட்ரஜன், ஆகியவற்றின் கோடுகள் தெளிவாகத் தெரியத் தொடங்கும்போது ஹைட்ரஜன், உலோகம் ஆகியவற்றின் சில தொடக்க உமிழும் கோடுகள் மறைந்துவிடுகின்றன.

இதன் பின் அயனியாக்கப்பட்ட ஆக்சிஜன், நியான் போன்றவற்றின் கோடுகள் தோன்றுகின்றன.

அண்மைக்காலத்தில் தோன்றிய சில பொலிவு ஒளிர்மீன்கள் (டீன் பி. மெக்ளாக்லினால் உருவாக்கப்பட்ட அட்டவணையைப் பின்பற்றியது)

	விண்மீண்	காட்சிப்பதிவு செய்யப்பட்ட ஆண்டு	பொலிவுப் பரிமாணம் சிறுமம்	பொலிவுப் பரிமாணம் பெருமம்	வகை (type)	சரிவின் கால அளவு நாள்களில் 3பொலிவுப் பரிமாணம்	சரிவின் கால அளவு நாள்களில் 7பொலிவுப் பரிமாணம்
1.	ஒளிர்மீன் பர்சி	1901	13.5	0.2	மிகுவேகம்	13	300
2.	ஒளிர்மீன் ஜெமினோரம்	1912	14.7	3.5	வேகம்	37	550
3.	ஒளிர்மீன் அக்குலே	1918	10.8	-1.1	மிகுவேகம்	8	260
4.	ஒளிர்மீன் சிக்னி	1920	15.5	2.0	மிகுவேகம்	16	170
5.	ஒளிர்மீன் பிக்டோரிஸ்	1925	12.7	1.2	குறைவேகம்	150	1600
6.	ஒளிர்மீன் ஹெர்க்குலிஸ்	1934	15.0	1.4	குறைவேகம்	100	1000
7.	ஒளிர்மீன் சிபிலாசர்ட்டே	1936	15.3	2.1	மிகுவேகம்	10	154
8.	ஒளிர்மீன் பப்பிஸ்	1942	17.0	0.4	மிகுவேகம்	7	140
9.	ஒளிர்மீன் கரொனெ பொரிலியஸ்	1946	10.6	3.0	மீண்டும்மீண்டும் (recurrent)	7	300
10.	ஒளிர்மீன் டிகே லாசர்ட்டே	1950	15.5	5.0	வேகம்	29	500

ஒளிர்மீன் பொலிவில் இறுதிச் சரிவில் ஒளியுள்ள கோடுகள் வலிமை குன்றிவிடுகின்றன. தொடரகம் மேலும் ஆதிக்கம் செலுத்த முற்படுகிறது. சிறுமப் பொலிவுக்கு இவ்விண்மீன் திரும்பும்போது ஒளிர் மீனின் நிறமாலை தனிச்சிறப்புக் கூறுகளற்ற தொடரகமாக மாறுகின்றது. இது புற ஊதாவில் வலிமையுள்ளதாகத் தோன்றுகிறது. ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் ஆகியவற்றில் வலிமை குன்றிய குறுகிய ஒளிர்ந்த அல்லது இருண்ட கோடுகளாகத் தோன்றுகின்றது. விண்மீன் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையுடையது என்பதை இது காட்டுகிறது,

விண்மீனின் கதிர்வீச்சுப்புறப்பரப்பின் (radiating surface) எதிர்பாராத விரிவு, ஒளிர்மீன் வெடிப்பின் போது ஒளிர்வு விரைவாக உயர்வதைக் காட்டுகிறது. இது ஒளிர்மீனின் ஆழத்தில் பதிந்துள்ள அதிர்ச்சி அலைகள் முன்னேறுவதிலிருந்து விளைந்ததாகும். பெரும ஒளிர்வை அடையும்போது, விண்மீனின் ஆரம், தொடக்க ஆரத்தைப் போல் ஆயிரம் அல்லது அதற்கு மேலான மடங்கு விரிவடைகின்றது. கதிர்வீச்சுப் புறப்பரப்பின் வழியே செல்கின்ற மிகுவேக வளிமத் துகள்களால் ஏற்படும் நிறமாலை பெரும ஒளிர்வையடுத்துத் தோன்றுவதாகும். மேலும் காட்சிப் பதிவாளருக்கும், கதிர்வீச்சுப்புறப்பரப்புக்கும் இடையே விரிவடைந்து வரும் வளிமம் உட்கவரும் நிறமாலையின் அதிகமான ஆரத் திசைவேகங்களைக் கொண்டதாகவும் புவியின் திசையில் இருந்து பார்க்கும்போது, கதிர்வீச்சுப்புறப்பரப்பின் இரு பக்கங்களிலிருந்தும் விரிவடைந்து வருகின்ற வளிமக் கூட்டின் (shell) பகுதியால் நிறமாலையில் உமிழும் கோடாகவும் அமைந்துள்ளன. இந்தக் கூட்டின் பகுதிகளிலுள்ள வளிமத்துகள்கள் வேறுபட்ட நேர்ம எதிர்ம ஆரத் திசை வேகங்களைக் கொண்டிருப்பதால், இவற்றால் உண்டாக்கப்பட்ட உமிழும் கோடுகள் அகலமாகவே உள்ளன.

கதிர்வீச்சுப்புறப்பரப்பையும், நிறமாலையையும் இந்த விரிவடையும் வளிமத் துகள்கள் அழித்துவிடுமானால் உடனே வேறொரு திறன்மிகு கதிர்வீச்சுப் புறப்பரப்பு, பதிலீடு செய்யும். நிறமாலையில்

பல்வேறு உட்கவர் தொடர்ச்சிகள் இருப்பது, மேற் கூறிய நிகழ்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடப்பதைக் காட்டு கிறது. மேலும் இது அடுத்தடுத்த உட்கவர் தொடர்ச்சியில் அதிகமான ஆரத் திசை வேகங் களைக் காட்சிப் பதிவு செய்வது என்பது, ஒளிர்மீன் செயல் முறைகளின் பிற்பட்ட படிநிலை களின்போது விரிவடைந்த அலைகள் உண்டாக்கிய தால் இந்த உயர் திசை வேகங்கள் ஏற்பட்டிருக் கின்றன என்ற கருத்தை உண்டாக்குகிறது. வெளித் தள்ளப்பட்ட மூலப்பொருள்கள் விண்மீனைச் சுற்றி யுள்ள ஒளிக் காற்றுப் போலத் தோன்றும் ஒண்முகிற் படலம் (nebu!a) கூட்டினுள் விரிவடைந்து இருக்கவும் கூடும். குறைந்தது எட்டு ஒளிர்மீன்களில் இதுபோன்ற வளிமக் கோள விரிவு ஒளியியலாகக் காட்சிப் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது.

ஒளிர்மீன்களின் பரவல். பால்வழி மண்டலத்தில் இதுவரை ஏறக்குறைய நூற்றைம்பது ஒளிர்மீன் களைக் காட்சிப் பதிவு செய்துள்ளனர். இவை அண்டத்தின் அகலாங்கிற்கு (galactic latitude) அருகிலேயே ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் அண்டத்தின் மையத்தை நோக்கியவாறு கூட்டமாக அமைந்துள் ளன. இரண்டாம் வகைக் குடியேற்ற (population II) விண்மீன்களாகவோ விண்மீன்களின் மையப் பகுதியி லுள்ளவற்றிற்கும் (இரண்டாம் வகைக் குடியேற்ற விண்மீன்களின் மையப் பகுதியிலுள்ளவற்றிற்கும்), சுருள் அமைப்பில் அமைந்துள்ள விண்மீன்களுக்கும் (முதல் வகைக் குடியேற்ற விண்மீன்கள் (population I) இடையே அமைந்துள்ளனவாகவோ கருதப்படு கின்றன. பெரும்பான்மையான ஒளிர்மீன்கள் விண்மீன் மேகங்களின் அடர்த்தியாலும், பால்வழி மண்டலத்தி லுள்ள வளிமங்களாலும் மறைக்கப்படுவதால் சரிவரத் தெரிவதில்லை. இருப்பினும் பால்வழி மண்டலத்தில் ஆண்டுக்கு ஏறத்தாழ ஐம்பது ஒளிர்மீன்கள் தோன்று கின்றன. அதாவது, அண்டத்தில் ஒவ்வொரு நூறு கோடி இரண்டாம் வகைக் குடியேற்ற விண்மீன்கள் கொண்ட குழுவிற்கு ஆண்டிற்கு ஓர் ஒளிர்மீன் என்னும் கணக்கில் தோன்றுவதாகக் கணக்கிடப் பட்டுள்ளது.

காட்சிப் பதிவு செய்யப்பட்ட ஏறக்குறைய பன்னிரண்டு ஒளிர்மீன்கள் தங்கள் தொடக்ககால வெடிப்பைத் தொடர்ந்து மீண்டும் சிறுமத்திற்கு வரு வதற்குள் ஒளிர்வு சிறிதளவு மாறுகிறது. 18-80 ஆண்டிற்குள் பிற ஆறு விண்மீன்களின் வகையில் மீண்டும் மீண்டும் ஒளிர்மீன் வெடிப்பு ஏற்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு அடிக்கடி தோன்றும் ஒவ்வொரு வெடிப்பி லும் ஏறத்தாழ 7-10 பொலிவுப் பரிமாணம் வரை ஒளிர்மீனின் ஒளிர்வு மாறுகிறது. இது சாதாரண ஒளிர்மீனின் பொலிவுப் பரிமாணங்களைவிடக் குறைந்ததுதான். அட்டவணையில் ஒளிர்மீன்களைப் பற்றிய செய்திகள் தரப்பட்டுள்ளன.

ஒளிர்மீன்கள் மிகப்பெரும் அளவிலும் உள்ளன. அவை மீஒளிர்மீன்கள் (supernovae) எனப்படுகின்றன. இவ்வொளிர்மீனின் ஒளி எதிர்பாராது ஆயிரம்கோடி (10^{10}) மடங்கு என்னும் அளவிற்கு உயர்ந்து அண்டம் முழுமையும் ஒளிபெறச் செய்யும். இப்பொலிவு ஒளிர் மீனிலிருந்து பிரிந்தது முதல் பல ஆண்டுகளில் மெது வாகக் குறையும். இதுபோன்றுமீஒளிர்மீன் தோன்று வதை முதன் முதலில் 1934 ஆம் ஆண்டு வால்டர் பாடி, பிரிட்ஜ் ஜவிஸ்கி என்னும் அறிவியலார் கண்டறிந்தனர்.

மீஒளிர்மீன் தோன்றும்போது ஒரு நொடிக்கு ஆயிரக்கணக்கான கி.மீ வேகத்தில் அங்குள்ள பெரும் பான்மையான வளிமங்கள் வீசியெறியப்படுகின்றன. இத்தன்மையை நிறமாலையாகக் கண்டறிந்துள்ளனர். விண்வெளி வழியே பயணம் செய்யும் இந்த மிகுவேக வளிம விண்மீன்களுக்கிடையேயான வளிமங்களின் வழியே முழுதும் பரந்தகன்று செல்கிறது. மேலும் ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளுக்கு ஒளி மிகுந்த ஒண் முகிற்படலம்போலத் தோன்றிக் கொண்டே இருக்கும். இது போன்ற மீஒளிர்மீன் எச்சங்கள் (remnants) கதிர்வீச்சு, எக்ஸ் கதிர்கள் இவற்றிற்கான தனிச் சிறப்பு மூலங்களாக அமைந்து விடுகின்றன. இவை காந்தப் புலங்கள் (magnetic fields) / சார்பியல் எலெக்ட்ரான்களின் (relativistic electrons) அதிர்ச்சி அலைகளைக் கொண்டிருக்கும். இந்த அண்டத்தில் இது போன்று மீஒளிர்மீன்கள் இருப்பதாகக் கண்டறிந் துள்ளனர்.

பால்வழி மண்டலத்தைப் போன்ற மிகப்பெரும் அண்டங்களில் ஒவ்வொரு முப்பது ஆண்டுக் காலத் திற்கும் ஏறத்தாழஒரு மீஒளிர்மீன் வெடிப்புத் தோன்று கின்றது. ஆனால் அண்ட வெளியில் உள்ள தூசித் துகள்கள் இந்த மீஒளிர்மீன்களை மறைத்துவிடுவ தால் கடந்த ஆயிரம் ஆண்டுகளில் ஆறு மீஒளிர் மீன்கள் மட்டும் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளன. 1885 ஆண்டிலிருந்து இதுவரை செய்யப்பட்ட ஆய்வின்படி பிற அண்டங்களில் ஏறத்தாழ நூறு மீஒளிர்மீன்கள் தோன்றியுள்ளதாகக் கண்டுபிடித்துள்ளனர்.

- சா. கு. நாராயணதாஸ்

ஒளிர்மை (வானியல்)

விண்மீனின் புறப்பரப்பிலிருந்து ஒரு நொடியில், கதிரியக்கத்தால் வெளிப்படும் ஆற்றலின் மொத்த அளவு ஒளிர்மை (luminosity) எனப்படும். இது விண் மீனின் வெப்பம், ஆரம், புறப்பரப்பு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமையும். ஸ்டீபன் என்பார், $L=4\pi R^2\sigma T^4$ என்னும் வாய்பாட்டின் மூலம் ஒளிர்மையைக் கண்டுபிடிக்க முடியும் என

விளக்கினார். இங்கு σ, ஸ்டீபன் மாறிலி, R-விண் மீனின் ஆரம், T-அதன் வெப்பம், L-ஒளிர்மை ஆகும். எனவே, ஒரே நிறமாலை வகையைச் சார்ந்த பல விண்மீன்களின் ஒளிர்மை மாறுபாட்டால். அதன் உரு அளவும் மாறுபட்டிருக்கும். உரு அளவு வேறுபட்ட விண்மீன்கள் வேறுபட்ட ஒளிர்மைப் பிரிவுகளில் இருக்கும்.

தோற்றப் பொலிவுப்பரிமாணம். ஒரு விண்மீனின் தோற்றப்பொலிவுப் பரிமாணம் (apparent magnitude) என்பது அதன் ஒளியைப் புவியிலிருந்து காண்பதாகும். ஹிப்பார்கஸ், தாலமி ஆகியோர் விண்மீன்களின் தோற்றப்பொலிவுப்பரிமாணத்தை ஒளிமிகுந்த விண் மீன்களிலிருந்து மங்கலான விண்மீன்கள் வரை முறையே 1-8 வரை, 6 பொலிவுப் பரிமாணப் பிரிவு களாக வகைப்படுத்தினர். மேலும், வில்லியம் ஹெர்ஷல் என்பார் சிறப்பு அமைப்புகளுடைய தொலைநோக்கியைப் பயன்படுத்தி, முதல்பொலிவுப் பரிமாணமுடைய விண்மீனின் ஒளி 6ஆம் பொலிவுப் பரிமாண விண்மீனின் ஒளியைவிட 100 மடங்கு மிகுதியாக உள்ளது எனக் கண்டுபிடித்தார். அதாவது பொலிவுப்பரிமாணம் 100:1 என்னும் விகிதத்தில் உள்ளது என அறிவித்தார். மேற்கூறிய விகிதம் மடக்கை அளவுகோலில் (logarithmic scale) உள்ள பொலிவுப் பரிமாண வேறுபாடு 5க்கு ஒத்த விகிதம் ஆகும். அட்டவணை 1 மூலம் பொலிவுப் பரிமாண வேறுபாடுகளையும் ஒளி விகிதங்களையும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க முடியும்.

அட்டவணை 1

ஒளிவிகிதம் (நேரியல் அளவு கோல்)	பொலிவுப்பரிமாண வேறுபாடு(மடக்கை அளவுகோல்)
1:1	0.0
1.6:1	0.5
2.5:1	1.0
4:1	1.5
6.3:1	2.0
10 :1	2.5
16 :1	3.0
40 :1	4.0
100 :1	5.0
400 :1	6.5
1000 :1	7.5
10000 :1	10.5

எதிர்ம எண்களில் பெரிய எண்களைப் பொலிவுப் பரிமாணமாகவுடைய விண் பொருளின் ஒளி மிகுதி யாகவும் நேர்மதிப்புகளில் பெரிய எண்களையுடைய வற்றின் ஒளி குறைவாகவும் உள்ளதை அட்டவணை 2இல் காணலாம். மேலும் கோள் வெள்ளி, விண்மீன் மிருகசீரிடம் ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள தோற்றப் பொலிவுப் பரிமாணங்களின் வேறுபாடு -1.4-(-4-4)=3 ஆகும். அட்டவணை -1இன்படி இது ஒளி விகிதம் 16:1 க்கு ஒத்த அளவாகும். எனவே, மிருகசீரிடத்தைவிட 10 மடங்கு ஒளியுடையதாகத் தோன்றுகிறது.

அட்டவணை 2

விண்பொருள்	தோற்றப்பொலிவுப் பரிமாணம்	விண்பொருள் பொலிவுப் பரிமாணம்
சூரியன்	26.7	4.8
முழுநிலவு	13.5	—
வெள்ளி	4.4	—
மிருகசீரிடம்	1.4	1.4
ஆல்பா செண்டாரி	0.3	4.7
வேகா	0.0	0.5
அண்டாரஸ்	1.0	-4.0
ஆண்ட்ரோமேடா மண்டலம்	3.5	-21.2
மங்கலான, வெற்றுக் கண்களால் காணக் கூடிய விண்மீன்	6.0	—

ஒரு விண்மீனுக்குரிய ஒளியை அறிய வேண்டுமெனில் அவ்விண்மீன் புவியிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளது என்றும், அதன் தோற்றப் பொலிவுப் பரிமாணம் என்ன என்பதும் தெரியவேண்டும். விண் மீனின் பொலிவுப் பரிமாணத்தைக் கண்டுபிடிக்க $M=m+5-5\log r$ என்னும் சமன்பாடு பயன்படு கிறது. இங்கு M என்பது விண்மீனுக்குரிய பொலிவுப் பரிமாணம், m அதன் தோற்றப்பொலிவுப் பரிமாணம், r புவிக்கும் விண்மீனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு ஆகும். இம்மதிப்பிலிருந்து, 10 பார்செக் தொலை வில் உள்ள ஒரு பொருளோடு ஒப்பிட்டு அவ்விண்மீன் எத்தனை மடங்கு மங்கலாக அல்லது ஒளி மிகுதியாக உள்ளது என அறியலாம்.

ஒரு விண்மீனின் வெப்பம் மற்றும் ஒளிர்மை ஆகியவற்றைக் கொண்டு அதன் ஆரத்தைக்

கணக்கிடலாம். விண்மீனின் புறப்பரப்பின் ஒவ்வொரு சதுர செண்டிமீட்டர் பரப்பிலிருந்தும் எவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது என்பதை அதன் வெப்பத்திலிருந்து அறியலாம். புறப்பரப்பிலிருந்து ஒரு நொடிக்கு வெளிப்படும் ஆற்றலின் அளவு ஒளிர்மை யாதலால் இதிலிருந்து விண்மீனின் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம். எனவே, விண்மீனின் ஒளிர்மை அதன் ஆரத்தைப் பொறுத்து அமையும்.

- பெ. வடிவேல்

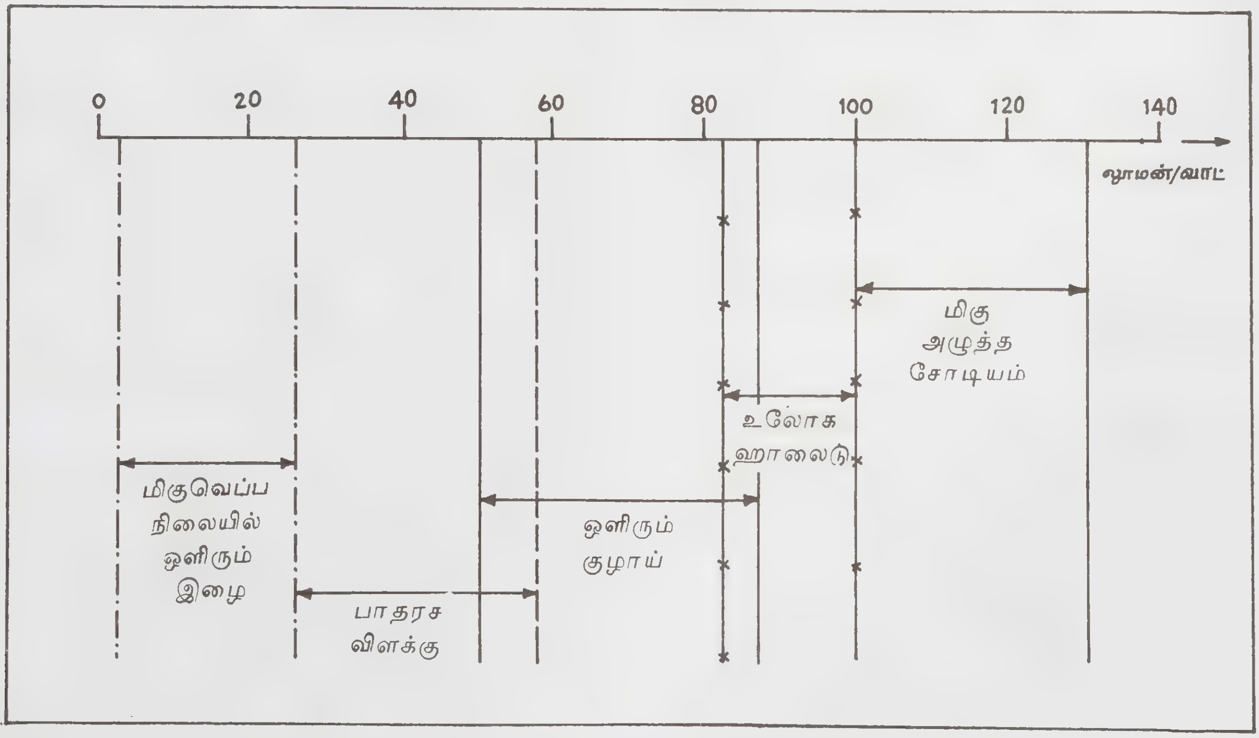
நூலோதி. Louis Berman and T.C. Evans, *Exploring the Cosmos*, Second Edition, Little Brown and Company, Boston Toronto, 1977.

ஒளிர் வளமை

ஒளிவிளக்கின் ஒளிர் வளமை (luminous efficacy) என்பது ஒரு நொடிக்கு வெளியிடப்படும் மொத்த ஒளியாற்றலை, ஒளி விளக்குக்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்னாற்றலால் வகுத்துக் கணக்கிடுவதால் கிடைக்கிறது. சான்றாக, ஒரு 100 வாட் மிகுவெப்பநிலையில் ஒளிரும் இழைவிளக்கு ஏறத்தாழ 1600 லூமென் ஒளியாற்றலை உண்டாக்குகிறது. இந்த விளக்கின் ஒளிர்வளமை $\frac{1600}{100} = 16$ லூமன்/வாட் என்று கணக்கிடப்படுகிறது.

மின்னாற்றலைச் சிக்கனமாகப் பயன்படுத்துவதற்கு மிகுஒளிர் வளமையுடைய விளக்குகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். பாதரச விளக்கும் ஒளிரும் குழல் விளக்கும் (fluorescent tube), வெப்பத்தால் ஒளிரும் இழை விளக்குகளைவிட மிகு ஒளிர் வளமை கொண்டவையாக உள்ளன. பலவகை விளக்குகளின் ஒளிர்வளமைகளின் அளவுகள் படம் 1 இல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. பொதுவாகப் பயன்பாட்டிலிருக்கும் ஒளிரும் குழல் விளக்குகளின் ஒளிர்வளமை ஏறத்தாழ 53 லூமென்/வாட் ஆகும். ஒளிரும் குழல் விளக்குகளின் ஒளிர்வளமை சுற்றுப்புறத்தின் வெப்பநிலை மாற்றத்தால் தாக்கமடைகிறது. ஏறத்தாழ 15.1-30.4°C வெப்பநிலையில் இவை மிகு ஒளிர் வளமையைப் பொதுவாகப் பெற்றுள்ளன. வெப்பநிலை மிகவும் குறைந்தாலும் அல்லது உயர்ந்தாலும் ஒளி உற்பத்தி குறைவதால், ஒளிரும் குழல் விளக்குகளின் ஒளிர்வளமையும் குறைகிறது,

சாலை, தொழிற்கூடங்களின் வெளிப்பகுதி விளையாட்டுத்திடல் முதலிய பல இடங்களில், ஒளிர் வளமையையுடைய உலோக ஹாலைடு, உயர்ந்த அழுத்த சோடியம் விளக்குகள் பயன்பட்டுவருகின்றன.



படம் 1

இவை மிகவும் எளிய முறையில் மின்னாற்றலை ஒளியாக மாற்றுகின்றன. இவற்றின் ஒளிர் வளமை, மிகு வெப்பநிலையில் ஒளிரும் இழை விளக்குகளை விட மூன்று அல்லது நான்கு மடங்கிற்கு மேல் உள்ளது.

ஒளிர் வளமை என்பது கீழ்க்காணும் வகையிலும் அறிவியலில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது. வீசு கதிர் ஆற்றலின் ஒளிர் வளமை (luminous efficacy of radiant power) வெளியிடும் ஒளியாற்றல் மொத்த மாக வெளியிடும் வீசுகதிர் ஆற்றலால் வகுத்துக் கணக்கிடப்படுகிறது. விளக்கின் ஒளிர் வளமையை விட, வீசுகதிர் ஆற்றலின் ஒளிர்வளமை சிறிது மிகுதி யாகவே இருக்கும். ஏனெனில் பயன்படுத்தப்படும் மின்னாற்றல் அனைத்தும் வீசுகதிர் ஆற்றலாக மாற்றப்படுவதில்லை.

ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தில் வெளியிடப்படும் ஒளி ஆற்றலுக்கும், அதே அலைநீளத்தில் வெளியாகும் வீசுகதிர் ஆற்றலுக்கும் உள்ள விகிதம், நிறமாலை யைச் சார்ந்த ஒளிர் வளமை எனப்படுகிறது. ஏறத் தாழ 5500×10^{-10} மீட்டர் அலைநீளத்தையுடைய ஒளியை நன்கு உணரக்கூடிய தன்மையைக் கண்கள் பெற்றுள்ளன. எனவே இந்த அலை நீளத்தில் (5500×10^{-10}மீ. நிறமாலையைச் சார்ந்த ஒளிர் வளமை உச்ச அளவை அடைகிறது. 3800×10^{-10} மீட்டருக் கும் குறைவான, 7600×10^{10} மீட்டருக்கும் மேலான அலைநீளங்களில், நிறமாலையைச் சார்ந்த ஒளிர் வளமை சுழியாகும். நிறமாலையைச் சார்ந்த ஒளிர் வளமைக்கும், அலைநீளத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு வெவ்வேறு அலைநீளங்களில் வெளியாகும் ஒளியைக் கண்கள் எந்த அளவிற்கு உணரக்கூடிய தன்மையைப் பெற்றுள்ளன என்பதைக் குறிக்கும்.

- சு. சக்திகுமார்

ஒளிர்வு (இயற்பியல்)

குறிப்பிட்ட திசையில் ஒரு பரப்பின் ஒளிச் செறிவை (luminous intensity), அந்தத் திசையில் இருந்து பார்க்கும்போது தெரியும் அந்தப் பரப்பு வீழலால் (projection)வகுத்தால் கிடைப்பது ஒளிர்வு(luminance) எனப்படுகிறது. ஒளி விளக்கத்திற்கான அனைத்து நாட்டு ஆணையம் விதித்துள்ள வரையறை மூலம் ஆய்விற்குரிய புள்ளி அடங்கிய ஒரு மிக நுண்ணிய பரப்புக்கூறின் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலான ஒளிச் செறிவை, அந்தத் திசைக்குச் செங்குத்தான ஒரு தளத்தில், அந்தப் பரப்புக் கூறின் செங்குத்து வீழ லால் வகுத்தால் கிடைக்கும் ஈவாக ஒளிர்வு விளக்கப் படுகிறது. சுருக்கமாக இதை அலகுப் பரப்பிற்கான ஒளிச் செறிவு எனலாம். அதை ஒளி அளவியல் பொலிவு (photometric brightness) எனவும் குறிப் பிடுவதுண்டு.

ஒளிச்செறிவு காண்டெலா என்னும் அலகால் அளக்கப்படுகிறது. எனவே ஒரு பரப்பின் ஒளிர்வு அல்லது ஒளி அளவியல் பொலிவு காண்டெலா/சதுர செண்டிமீட்டர் போன்ற அலகுகளில் அளவிடப்படும். ஒளிர்வைப் பின்வரும் சமன்பாட்டின் மூலம் கணக் கிடலாம்.

$$L = dI/dA \cos \theta$$

இங்கு L என்பது ஒளிர்வு. θ என்பது dA என்னும் பரப்புக்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கும் பார்வைக் கோட்டுக்கும் இடையிலுள்ள கோணம். I என்பது ஒளிச்செறிவு ஆகும்.

ஒரு காண்டெலா/சதுர செண்டிமீட்டர் என்பது ஸ்டில்ப் (stilb) எனப்படுகிறது. ஒரு லூமென்/சதுர மீட்டர் என்னும் வீதத்தில் ஒளியை உமிழும், ஓர் இலட்சியத் தன்மை கொண்ட ஒளி கசியும் பரப்பின் ஒளிர்வை அபோஸ்டில்ப் (apostilb) என்னும் அலகால் ஐரோப்பாவில் குறிப்பிடுவதுண்டு.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிர்வு (வேதியியல்)

இது வெப்பச் செயல் அல்லாத வேறு செயலால் கண் ணுக்குப் புலனாகும் ஒளிக்கற்றையைத் தோற்றுவித்த லாகும். இக்காரணத்தால் இத்தோற்றப்பாடு குளிர் ஒளி (cold light) என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. வெப் பச் செயல் தவிர்த்த வேறு ஏதாவதொரு செய்கை மூலம் எலெக்ட்ரான்களைக் கிளர்வு கொள்ளச் செய்து பின்னர் அத்தகைய கிளர்வுற்ற எலெக்ட் ரான்கள் மீண்டும் அவற்றின் அடிமட்ட ஆற்றல் நிலைக்குத் திரும்பும்போது கண்ணிற்குப் புலனாகும் ஒளிக்கதிர்களை வெளிவிடுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியே ஒளிர்வு (luminiscence) எனப்படுகிறது இதைப் பின் வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்:

வேதி ஒளிர்வு. வேதி வினைகளின்போது தோன் றும் ஒளிர்வு, வேதி ஒளிர்வு (chemiluminiscence) எனப் படும். பிற அனைத்து வகை ஒளிர்வுகளிலும் இது மிகவும் இன்றியமையாதது. ஒருவகையில் வேதி ஒளிர்வு, ஒளி வேதியியல் வினையின் மறுதலையாகும். ஒரு பொருள் ஒளியை உறிஞ்சி அதனால் நிகழும் வேதிவினையின்போது ஒளிர்வு தோன்றுகிறது.

ஒரு கரிய பொருள் சாதாரணமாகக் கட்புல னாகும் ஒளியை உமிழாத ஒரு வெப்ப நிலையில் (773 K க்குக்கீழ்) ஒரு வேதி வினை நிகழ்வதால்

தோன்றும் கட்புலன் ஒளி, வேதி ஒளிர்வு எனப்படுகிறது. எ,கா: பாஸ்ஃபரஸ் பசுமை கலந்த மஞ்சள் நிற ஒளிர்வை ஏற்படுத்துதல். பாஸ்ஃபரஸ் ஆவி வளிமண்டல ஆக்சிஜனால் ஆக்சிஜனேற்றம் அடைதல் இதற்குக் காரணமாக இருக்கலாம். இருட்டில், நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்துடன் ஸ்ட்ரான்சியம் குளோரைடு கரைசல் சேர்க்கப்படும்போது மெல்லிய ஒளிர்வு தோன்றுகிறது. கிரிக்னார்டு காரணிகள் வேதி ஒளிர்வு தோற்றுவிக்கும் முக்கிய சேர்மங்களாகும். திண்மநிலை அல்லது ஈதர் கரைசலில் கிரிக்னார்டு காரணிகள், காற்று அல்லது ஆக்சிஜனால் ஆக்சிஜனேற்றம் அடையும்போது வேதி ஒளிர்வு ஏற்படுகிறது. மட்கிய நிலையில் மரங்களும் சிலவகைப் பாக்டீரியாக்களின் செயலால் வேதி ஒளிர்வு தருகின்றன. சோடிய உலோக ஆவி ஹாலஜன்களுடன் வினைபுரியும்போது வேதி ஒளிர்வு உண்டாகிறது. இதனால் சோடியத்தில் மஞ்சள் நிறம் தோன்றுகிறது.

உயிரின ஒளிர்வு. லூசிஃபெரேஸ் எனும் நொதியின் உதவியால் லூசிஃபெரின் எனும் புரதப் பொருளை மின்மினிப் பூச்சி வளிமண்டல ஆக்சிஜன் கொண்டு ஆக்சிஜனேற்றம் செய்யும்போது ஒளிர்வு தோன்றுதல் உயிரின ஒளிர்வு (bioluminiscence) எனப்படுகிறது. இது ஹார்வி என்பாரால் கண்டறியப்பட்டது.

மின்னொளிர்வு. வளிமங்களின் மூலம் மின்னோட்டம் குறைந்த அழுத்தத்தில் செலுத்தப்படும்போது மின்னொளிர்வு (electro luminiscence) தோன்றுகிறது. மின்னோட்டத்தின்போது வளிமங்களில் ஏற்படும் எலெக்ட்ரான் அல்லது அயனிகள் மோதலால் மூலக்கூறுகள் கிளர்வு கொள்கின்றன. பின்னர் அவை தம் தரைமட்ட நிலைக்குத் திரும்பும்போது ஒளிர்வு தோன்றுகிறது. நிரல் ஆய்வுகளில் பயன்படும் கெய்ஸ்லர் குழாய்களில் வளிமங்கள் இவ்விதம் ஒளிர்வு கொள்ளச் செய்யப்படுகின்றன.

– பி. சோமசுந்தரம்

ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி

சாதாரணமாக ஆய்வகங்களில் பயன்படும் ஒளியியல் கூட்டு நுண்ணோக்கியை மாற்றியமைத்து, காண வேண்டிய பொருளின் மேல் புறஊதா, கருநீலம், நீலம் ஆகிய கதிர்களைப் பாய்ச்சும் வகையில் அமைத்தால் அது ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி (fluoro-scesnce microscope) எனப்படும். அத்தகைய ஒளி மாதிரிப் பொருளின் மேல்விழும்போது அது பலவித நிறங்களிலும் ஒளிரலாம். படும் பொருளில், எலெக்ட்ரான்களின்அமைப்பில் மாற்றம் ஏற்படுவதன் காரணமாக ஒளிர்வு தோன்றுகிறது. புற ஊதாக் கதிர்களை மட்டுமே உட்கவரக்கூடிய மாதிரிகளை ஆய்வு செய்யும்போது நுண்ணோக்கியின் குவிப்பு வில்லை கண்ணாடியாலானதாக இருக்கக்கூடாது. அதற்குப் பதிலாகக் குவார்ட்ஸ் குவிப்பு வில்லைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அதிலுள்ள ஆடி முன்பக்கத்தில் அலுமினியப் பூச்சுள்ளதாயிருக்க வேண்டும். வெள்ளிப் பூச்சுகள் புற ஊதாக் கதிர்களை நன்கு எதிரொளிப்பதில்லை. ஒளிரும் பொருளின் உருவம் பொலிவு மிக்கதாகவும் நன்முறையில் ஒளி-நிழல் வேறுபாட்டைக் காட்டுவதாகவும் உள்ளது. ஒளிர்வு குறைவாயிருக்கும்போது ஓர் ஒற்றைக் குழல் நுண்ணோக்கியை இருண்ட சூழலிலேயே பயன்படுத்த வேண்டும். ஒளிர்வு பெருமளவிலிருக்கும்போது இரட்டைக்குழல் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தலாம்.

நுண்ணோக்கியில் காற்றுப்படும் கண்ணாடிப் பரப்புகள் நிறமூட்டப்பட்டவையாக இருந்தால் ஒளி இழப்புக் குறையும். ஒளிர்வு காட்டாத அனைத்து வகைப் பொருளருகு கருவிகளையும் நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்தலாம். எனினும் 8 மி. மீ. குவியத் தொலைவும் 20 மடங்கு உருப்பெருக்கம் செய்வதுமான கூட்டமைப்பு மிகு பயன்தரும். எண்ணியல் துளையளவு (numerical aperture) 1. 4 உள்ளதோர் அபே குவிப்பு அமைப்பு (abbe condenser) பிற சிறிய துளையளவு கொண்ட குவிப்பு வில்லைகளைவிடப் பெருமளவில் பொருளின்மேல் கதிர்களைக் குவிக்கிறது. பொலிவுப்புலக் குறுக்கு வடித்தல் (bright field cross filter) முறையில் அது பயன்படுகிறது. நிறப்பிறழ்ச்சி நீக்கப்பட்ட குவிப்பு வில்லைகளில் ஒட்டுப்பசைகள் ஒளிர்வு செய்வதால் கூசொளி (glare) ஏற்படலாம். எனவே அவற்றைப் பயன்படுத்துவதில்லை. அவ்வாறே ஃபுளோரைட்டால் ஆன பொருளருகு கருவிகளும் தவிர்க்கப்படுகின்றன. பல ஆய்வர்கள் கரிய பின்புலங்களைப் பயன்படுத்துவதையே விரும்புகின்றனர். அவர்கள் இரட்டைக் கோள (bisphere) அல்லது பரவளைய வடிவக் கரியப் பின்புலக் குவிப்பு வில்லைகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

உட்கவர் வடிகட்டி வழக்கமாக நுண்ணோக்கியின் கண்ணருகு கருவிக்கும் பார்ப்பவரின் கண்ணுக்கும் இடையில் வைக்கப்படும். இதன் மூலம் மாதிரிப் பொருளால் உட்கவரப்படாத கிளர்வூட்டும் கதிர்கள் நீக்கப்படுகின்றன. மாதிரிப் பொருள் தன் முழுமையான நிற அமைப்புடன் காட்சியளிக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படும்போது இத்தகைய வடிகட்டி ஏறக்குறைய நிறமற்றதாகப் புற ஊதாக் கதிர்களை மட்டுமே உட்கவருவதாக இருக்கலாம் அல்லது கதிர்வீச்சின் நிறத்தை இட்டு நிரப்பக்கூடிய ஒரு நிறத்துடனிருக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக நீல நிற ஒளியையும், புறஊதாக் கதிர்களையும் உட்கவரும்

பொருள்களுக்கு ஒரு மஞ்சள் நிற வடிகட்டி பயன் படுத்தப்படுகிறது. அத்தகைய பொருளைக் கடந்து வரும் நீலக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து கொண்டு, மாதிரிப் பொருளின் மஞ்சள் நிற ஒளிர்வை மட்டும் கண்ணுக்கு அனுப்புகிறது. மாதிரிப் பொருள் மிகச் சிறந்த முறையில் கண்ணுக்குத் தெரிவதற்காகக் குறுக்கு வடிகட்டிக் கூட்டமைப்புப் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

நோயுண்டாக்குகிற வைரஸ், கிருமி போன்றவை யும் பிற எதிர்ச்செனிகளும் (antigens) புரதங்களால் ஆனவை. அவை உடல் திசுக்களில் புகும்போது கரையக்கூடிய பொருள்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அந்தக் கரையும் பொருள்கள் குறிப்பாக வைரஸ், கிருமி, எதிர்ச்செனி ஆகியவற்றுடன் வினைபுரி கின்றன. இவை எதிர்ப்பொருள்கள் (antibodies) எனப்படும். அவற்றின் பெருக்கத்தைத் தூண்டும் பொருள்கள் எதிர்ச்செனிகள் எனப்படுகின்றன. கரை சல் நிலையிலுள்ள எதிர்ப்பொருள்கள் கரையும் எதிர்ச்செனிகளைச் சந்திக்கும்போது ஏற்ற சூழ் நிலைகளில் ஒரு வீழ்படிவு உண்டாகிறது அல்லது எதிர்ச்செனிகள் குறுநொய் வடிவமுள்ளவையாக இருந் தால், அவை ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக்கொண்டு திரள்கின்றன. இவ்வாறான மூலக்கூறு இடைவினை கள் சில குறிப்பிட்ட விதங்களில் மட்டுமே நிகழும். மூலக்கூறுகள் தமக்குள் இட்டு நிரப்பும் தன்மையும், ஒன்றோடொன்று ஒட்டிப் பொருந்தும் வகை வடிவ மைப்பும் கொண்டிருந்தால்தான் இத்தகைய இடை வினைகள் நிகழும்.

எதிர்ப்பொருள்கள் எதிர்ச்செனிகளுடன் நிகழ்த் தும் குறிப்பான வினைகளைக் குலைத்துவிடாத வகையில் மென்மையான வேதி முறைகளில் எதிர்ப் பொருள்களை ஒளிரும் வண்ணங்களுடன் இணைத்து விட முடியும். ஃப்புளோரசீன் என்னும் வண்ணம் இத் தகைய நோக்கங்களில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படு கிறது. இவ்வாறு ஒளிரும் வண்ணங்கள் இணைக்கப் பட்ட எதிர்ப்பொருள்கள் ஒளிரும் எதிர்ப்பொருள்கள் எனப்படும். அவை குறிப்பான நோயெதிர்ப்புக் குறி காட்டும் நிறமிகளாகப் பயன்படுகின்றன. செல்களி லும் திசுக்களிலும் உள்ள எதிர்ச்செனிகளை அடை யாளம் காண அவை உதவும். ஒரு திசு வெட்டுப் பரப் பின் மேலோ செல் கலவையின் மேலோ அவற்றைத் தடவிவிட்டால், குறிப்பான எதிர்ச்செனிகளுடன் ஒளிர் எதிர்ப்பொருள்கள் கூடி வீழ் படிவாகிவிடும். ஓர் ஒளிர்வு நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்க்கும்போது இத்தகைய வீழ்படிவுப் பரப்புகள் தனிச்சிறப்பான நிறவேறுபாடுகளுடன் தென்படும்.

ஃப்புளோரசீன் இணைந்த எதிர்ப்பொருள் எதிர்ச் செனிகளுடன் கூடும்போது ஆப்பிள் பச்சை நிறமுள்ள கூட்டுப்பொருளாக மாறி விடுகிறது. திசு வெட்டுப் பரப்புகளின் உள்ளார்ந்த ஒளிர்விலிருந்து ஆப்பிள் பச்சை நிறப் பகுதிகளைத் தெளிவாகப் பிரித்துப் பார்க்கமுடிகிறது. இம்முறையில் ஆய்வு செய்யப் படும் திசுவெட்டுப் பரப்புகளைத் தயாரிக்கும்போது எதிர்ச் செனியின் குறிப்பான செயல்திறனை அழியாமல் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். திசுவின் நுண்கட்டமைப்பு மாறி விடாமலும் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். எனவே இத்தகைய ஆய்வுகளில் உறைய வைத்து மிக மெல்லியதாகச் சீவப்பட்ட திசுக்கள், பொருத்தப்படாத நிலையில் பயன்படு கின்றன.

ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி முறைகள் நுண் ணோக்கியியல் ஆய்விலும், மருத்துவ ஆய்விலும் மிகவும் இன்றியமையாத கருவிகளாக உள்ளன. செல்களிலும் திசுக்களிலும் உள்ள வைரஸ், பாக்டீரியா, பூஞ்சை ஆகியவற்றை அடையாளங் காண இவை உதவின. ஆய்வு விலங்குகளின் உடல்களுக்குள் கிருமி அல்லது வேறு வகை யான வேற்றுப் புரதங்களையும் பாலி சாக்கரைடு களையும் ஊசி மூலம் புகுத்தி அவற்றின் நடத்தை களைக் கண்டுபிடிக்க இம்முறைகள் பயன்பட்டன. நுண்ணுயிரிகளால் நோய் ஏற்படும் நிகழ்ச்சி நிரல் களையும், ஒவ்வாமை என்னும் மிகு உணர்வு நோய் நிலைகளையும் அறிய இந்த ஆய்வுகள் பெருமளவு உதவியுள்ளன. நோய் எதிர்ப்புத் தன்மைகளையும், நோய்த் தொற்றலை எதிர்க்கும் திறமைகளையும் பற்றிய சிக்கல்களை ஆராய்வதில் அடிப்படை முக்கியத்துவம் உள்ள எதிர்ப்பொருள்களின் செல் உருவாக்கம் பற்றிய ஆய்வுகளிலும் ஒளிர்வு நுண் ணோக்கி பயன்படுகிறது.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம்

ஒரு கடத்தியைச் சுற்றி அமையும் வளிமம் அயனி யாக்கம் பெறுவதால் விளையும் மின்னிறக்கம் ஒளி வட்ட மின்னிறக்கம் (corona discharge) எனப்படும். கடத்தி ஒன்று மின்னூட்டப்படுமாயின் அதன் கூர்மையான பகுதிகளில் மின்னூட்ட அடர்த்தி பிற பகுதிகளில் உள்ளதைவிட மிகுதியாக அமையும். எனவே, கடத்தியின் கூர்மையான பகுதிகளுக்கு அருகிலோ, மெல்லிய கம்பி ஒன்றுக்கு அருகிலோ மிகவும் வலிமையாக மின்புலம் இருக்கும். அத்தகைய மின்புலன்கள் அங்குள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கம் செய்யுமளவுக்குக்கூட வலிமை பெற்றிருக்கும். இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் அயனிகள் கடத்தியின் மீதான அதே வகையான மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதால் கடத்தியினின்றும் மிகுந்த விசை யுடன் ஒதுக்கப்பட்டு மின்காற்று (electric wind) ஒன்றை உருவாக்குகின்றன. இம்மின்காற்று

கடத்திக்கு அருகில் வைக்கப்படும் மெழுகு வத்திச் சுவாலை ஒன்றைக் கிடைமட்டமாக்கும் அளவுக்கு வலிமை பெற்றிருப்பதைக் காணலாம்.

மின்னூட்டம் பெற்ற கடத்தியினின்று ஒதுக்கப் படும் அயனிகள் பிற நடுநிலை மூலக்கூறுகளை எதிர்கொள்ளும்போது அவற்றை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. எனவே, மின்னூட்டம் உயரும்போது அதைச் சுற்றியுள்ள காற்றுவெளியின் அயனியாக்கமும் மிகும். ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் கடத்திக்கும் சுற்றுச் சூழலுக்குமிடையே மின்னிறக்கம் ஏற்பட, கடத்தியினின்றும் விரிந்த தூரிகை ஒன்றின் குச்சங் களைப் போன்ற ஒளிவரிகள் தோன்றுகின்றன. இம் மின்னிறக்கமும் அதனால் தோன்றும் ஒளிவரிகளும் பெரும்பாலும் ஓர் ஒளிவட்டத் தோற்றத்தை அளிப்ப தால் அந்நிகழ்ச்சி தொடக்கத்தில் ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் எனப்பட்டது.

வளிமண்டலத்தின் வழியே இயங்கும் பொருள்கள் மின்னூட்டம் பெறுமாயின் அவற்றினின்றும் தூரிகை யின் குச்சங்களையொத்த ஒளிவரிகளையளிக்கும் ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் நிகழ்வதும் உண்டு. அத் தகைய மின்னிறக்கம் புனித எல்மனார் தீ (St.Elmo's fire) எனப்படும். கப்பல்களின் பாய்மரங்கள், விமானங்களின் இயக்கிகள் (propellers), இறக்கைகள், அவை போன்ற வளைவு மிகுந்த விளிம்புகளிலிருந்தும் புனித எல்மனார் தீ நிகழ்வதுண்டு. விமானங்கள், சிலவகை மேகங்கள், இடிமின்புயல்கள் (thunder storms), பனிச் சொரிவுகள் (snow showers), புழுதிப் புயல்கள் (dust storms) ஆகியவற்றின் வழியே செல்லும்போது அவற்றினின்றும் புனித எல்மனார் தீ தோன்றுவது அடிக்கடி நிகழும்.

மிகு மின்னழுத்தக் கருவிகளின் வடிவமைப்பில் இந்த ஒளிவட்ட மின்னிறக்கத்தைக் கருத்திற்கொள்ள வேண்டும். அக்கருவிகளில் கரிய விளிம்புகளும் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் கம்பிமுனைகளும் தவிர்க்கப்படல் வேண்டும். தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகளில் மிகு மின்னழுத்தப் பகுதிகளில் இவை தவிர்க்கப்பட்டிருப் பதைக் காணலாம். மிகு மின்னழுத்தங்களைத் தாங்கிச் செல்லும் கம்பிகளை அலுமினியக் கம்பி களாக அமைப்பதற்கு ஒளிவட்ட மின்னிறக்கமும் காரணமாகும். ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் மின்னாற்றல் கடத்தலில் ஒரு குறிப்பிட்ட விட்டங் கொண்ட கம்பிகள் தாங்கிச் செல்லும் மின்னழுத்தத்திற்கு ஓர் உச்ச வரம்பை ஏற்படுத்துகிறது. அதற்கு மேற்பட்ட மின்னழுத்தங்களில் அக்கம்பிகளிலிருந்து ஏற்படக் கூடிய ஒளிவட்ட மின்னிறக்கத்தின் பயனாய் கணிச மான அளவு மின்னாற்றல் இழப்பு ஏற்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட மின்தடையை அளிக்கவல்ல செப்புக் கம்பிகளைவிட அலுமினியக் கம்பிகள் தடிப்பு மிகுந்து அமையுமாதலால் அவை குறைந்த வளைவுடைய பரப்புகளைக் கொண்டிருக்கும். அத்தகைய கம்பிகள் மிகு மின்னழுத்தங்களைத் தாங்கிச் செல்லும்போது அவற்றிலிருந்து ஏற்படும் ஒளிவட்ட மின்னிறக்கமும் அதனால் விளையும் மின்னாற்றல் இழப்பும் பெரு மளவில் தவிர்க்கப்படுகின்றன.

- ரா. நாகராஜன்

நூலோதி. G. A. G. Bennet, *Electricity and Modern Physics*, ELBS, 1974.

ஒளி வடிவ இயல்

ஒளியியல், ஒளியியல் அமைப்பு இவற்றின் பண்புகளில் ஒளியின் அலைத்தன்மை அல்லது குவாண்டம் தன்மை யைச் சார்ந்திராத கூறுகளை விளக்குவது ஒளி வடிவ யியல் (optical geometry) எனப்படும். இதில் ஒளி ஒரு சீரான ஊடகத்தில் நேர் கோட்டுப் பாதைகளில் பயணம் செய்வதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அந்த நேர் கோட்டுப் பாதைகள் கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. ஊடகம் சீரற்றதாகவும், மாறும் ஒளி விலகு எண் கொண்டதாகவும் இருந்தால் கதிர்கள் வளைந்து செல்லும். ஓர் ஒளி புகும் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசை வேகம் வெற்றிடத்தில் அதன் திசைவேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். ஓர் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசை வேகத்தால் வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்தை வகுத்தால் கிடைக்கும் அளவு அந்த ஊடகத்தின் ஒளி விலகு எண் (refractive index) எனப்படும். காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம் நடைமுறையில் வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்துக்குச் சமம் எனக் கருதப்படு கிறது. எனவே காற்றின் ஒளி விலகல் எண் ஒன்றுக் குச் சமம். அனைத்து ஒளியியல் ஆய்வுகளையும் காற் றில்தான் செய்ய வேண்டியுள்ளது. எனவே காற்று ஒரு மேற்கோள் ஊடகமாக எடுத்துக் கொள்ளப்படு கிறது. நுட்பமாகக் கூறினால் காற்றின் ஒளி விலகல் எண் 0.9998 ஆகும்.

ஒளியியல் அமைப்புகளில் ஆடி, வில்லை, முப்பட் டகம், துளை ஆகியவை அடங்கும். தேவையேற்படும் போது வடிகட்டிகள், கற்றை பிரிப்பான், முனை வாக்கி, கீற்றணி, கலங்கலாக்கி (diffusers) ஒளியியல் இழைக்கட்டு, இருபுறக் குவி தகடு (lenticular plates) திரை ஆகியவையும் பயன்படும் ஒளித்தோற்றுவாய்க ளும், கதிர்வீச்சுத் துலக்கிகளும் ஒளியியல் அமைப்பில் அடங்கும். வில்லைகளும், உருத்தோற்றம் உண் டாக்கும் ஆடிகளும் பொதுவாகக் கோள வடிவப் பரப்புள்ளவை. ஏனெனில் சாணைபிடித்தல், மெரு கேற்றல் போன்ற செயல்களின் மூலம் கோளப் பரப்பு களை எளிதாக உண்டாக்க முடியும். ஆனாலும் கோள வடிவற்ற பரப்புகளுள்ள வில்லைகளும் வழக் கில் உள்ளன. பர வளைய அல்லது மிகுபர வளைய வடிவமுள்ள ஆடிகள் எதிரொளிப்புத்

தொலைநோக்கிகளில் பயன்படுகின்றன. நுட்பமான உருளைப் பரப்புகளைக் கொண்ட வில்லைகளும் ஆடிகளும் திரைப்படங்களில் விந்தையான உருத் தோற்றங்களைக் காட்ட உதவுகின்றன. அந்த உருத்தோற்றங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசைகளில் வேறுபட்ட உருப்பெருக்கங்களைக் கொண்டவையாயிருக்கும்.

உருளை வளைய (toric) வடிவமுள்ள வில்லைகள் மூக்குக் கண்ணாடிகளில் பயன்படுகின்றன. அவற்றுக்கு உயர் நுட்பத் தன்மை தேவைப்படு வதில்லை. பன்மைக் குவியமுள்ள மூக்குக் கண்ணாடி வில்லைகளில் சாணை பிடிப்பதன் மூலம் ஒரே கண்ணாடித் துண்டில் வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களுள்ள பரப்புகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன அல்லது உயர் ஒளி விலகல் எண்ணுள்ள ஒரு சிறிய கண்ணாடித் துண்டைக் குறைந்த ஒளி விலகல் எண் கொண்ட ஒரு கண்ணாடி வில்லையில் ஒட்டிவிட்டு இரண்டையும் சேர்த்து ஒரே பரப்பாக மெருகேற்றி விடுவதன் மூலமும் அவை உண்டாக்கபடுகின்றன. சில சிறப்பு நோக்க வில்லைகள், தட்டையான அல்லது வளைந்த பரப்புகள் கொண்ட முப்பட்டகத் துண்டுகளை அடுக்குவதன் மூலம் உருவாக்கப்படு கின்றன. இத்தகைய வில்லைகள் சாலைகளில் தேவை யான வகையில் ஒளியைப் பாய்ச்சுவதற்காக உந்து களின் முகப்பு விளக்குகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. சமச்சீர்மையுள்ள சுழற்சி அச்சுக் கொண்ட இத்தகைய வில்லைகள் ஃபிரன்னல் வில்லைகள் (Fresnel lenses) அல்லது படியுள்ள (stepped) வில்லைகள் எனப்படும். இவை கலங்கரை விளக்குகளிலும், போக்குவரத்துக் குறியீட்டு விளக்குகளிலும் பரவலாகப் பயன்படு கின்றன. ஒளிப்படக் கருவி அல்லது படவீழ்த்தி களிலுள்ள தேய்ப்புக் கண்ணாடித் திரைகளின் விளிம்புகளுக்குப் பொலிவூட்டவும் இவை பயன் படுகின்றன.

கோளப் பரப்புள்ள எளிய வில்லைகளில் பல பிறழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன. கோளப்பிறழ்ச்சி (spherical aberration) என்பது வில்லையின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வில்லையின் அச்சில் வெவ்வேறு தொலைவு களில் உருத்தோற்றங்களை உண்டாக்குவதால் ஏற்படுவது ஆகும். வில்லையின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறு உருப்பெருக்கமுள்ள உருத்தோற்றங் களை உண்டாக்குவது கோமா (coma) எனப்படும். வில்லையின் அச்சில் வெவ்வேறு தொலைவுகளில் வெவ்வேறு நிற உருத்தோற்றங்கள் தோன்றுவது நிறப் பிறழ்ச்சி (chromatic aberration) எனப்படும். வெவ்வேறு நிறக் கதிர்களால் ஆன உருத்தோற்றங் கள் வெவ்வேறு உருப்பெருக்கங்களுடன் ஏற்படுவது பக்கவாட்டு நிறப்பிறழ்ச்சி (lateral colour aberration) எனப்படும்.

ஒரு வில்லையின் முன் வைக்கப்பட்ட பொரு ளின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறு அளவில் உருப் பெருக்கம் அடைவதால் அதன் உருத்தோற்றத்தில் ஏற் படும்குறைபாடு உருக்குலைவு (distortion) எனப்படும்.

வில்லையின் முதன்மை அச்சிலிருந்து சற்றே தள்ளி ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால் அப் பொருளிலிருந்து புறப்படும் ஓரக் கதிர்களுக்கான குவியத்தொலைவு அச்சருகுக் கதிர்களுக்கான குவியத் தொலைவைவிடக் குறைந்து விடுவதன் காரணமாக உருட்சிப்பிழை (astigmatism) ஏற்படுகிறது. நீட்சி யுள்ள பொருள்களின் உருத்தோற்றங்கள் வில்லை மூலமாக உண்டாக்கப்படும்போது வளைவுக்குறை (field curvature) தோன்றும். பொருளின் விளிம்புகளி லிருந்து வரும் கதிர்கள் குவிதளத்துக்கு முன்னரே குவிந்துவிடுவதால் உருத்தோற்றத்தளம் தட்டையாக இல்லாமல் வளைந்திருக்கும்.

வில்லையின் ஒளி அச்சிலிருந்து சற்றே தள்ளியுள்ள கதிர்களைக் கவனிக்கும்போது பிறழ்ச்சிகள் தோன்று கின்றன. இப்பிறழ்ச்சிகளை வில்லைத்துளை, கோணப் புலம் (angular field) ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் குறுக்குத் திசை அலை இடப்பெயர்ச்சிகளாகக் குறிப்பிடும்போது மூன்றாம் படிகளாக உள்ளன. எனவே அவை மூன்றாம் படி (third order) அல்லது முதன்மைப் (primary) பிறழ்ச்சிகள் எனப்படும். இப் பிறழ்ச்சிகளின் எண்மதிப்புகளுக்கான கணிதக் கோவைகள் எளியவை. அவற்றை விரைவாகக் கணக்கிட முடியும்.

ஒளி ஒரு சீரான ஊடகத்தின் வழியாகச் செல்லும் போது நேர்கோட்டுப் பாதைகளில் செல்கிறது. இரு வெவ்வேறு ஊடகங்களின் பிரிதளத்தில் ஒளியின் திசை மாறும். காற்றிலிருந்து கண்ணாடிக்குள் ஒளி புகும்போது திசை விலக்கம் அடைவதை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். பிரிதளத்தில் படும் கதிரில் ஒரு பகுதி எதிரொளித்து முதல் ஊடகத்துக்கே மீண்டும் சென்று விடும். எஞ்சிய பகுதி திசைமாற்ற மடைந்து இரண்டாம் ஊடகத்திற்குள் பாயும். படுகதிர், எதிரொளித்த கதிர், விலக்கமடைந்த கதிர் ஆகிய மூன்றும் பிரிதளத்திற்குச் செங்குத்தான ஒரே தளத்தில் அமையும். படுகதிரின் திசைக்கும் படு புள்ளியில் வரையப்படும் செங்குத்திற்கும் இடையி லுள்ள கோணம் படுகோணம் (angle of incidence) எனப்படும்.

எதிரொளித்த கதிருக்கும் செங்குத்திற்கும் இடையிலுள்ளது எதிரொளிப்புக் கோணம் (angle of reflction) என்றும், திசைமாறிய கதிருக்கும் செங்குத் திற்கும் இடையிலுள்ள கோணம் ஒளி விலகல் கோணம் (angle of refraction) என்றும் குறிப்பிடப் படும். படுகோணமும் எதிரொளித்த கோணமும் சமமாயிருக்கும். n_1, n_2 ஆகியவை முறையே முதல், இரண்டாம் ஊடகங்களில் ஒளி விலகல் எண்களாகவும், i படுகோணமாகவும் r ஒளிவிலகல் கோணமாகவும் இருந்தால் $n_1 \operatorname{Sin} i = n_2 \operatorname{Sin} r$. இக்கோட்பாடுகள்

ஓர் ஒளியியல் அமைப்பின் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளை வரைய உதவுகின்றன. இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட விதிமுறை ஸ்நெல் விதி எனப்படும்.

பொருளின் திசையிருந்து வரும் இணைக்கதிர்களின் கற்றை, வரையறையிலுள்ள ஓர் ஒளிப்புள்ளியிலிருந்து வருவதாயிருக்கும். ஒளியியல் அமைப்பிலிருந்து வெளிப்படும் இணைக்கதிர்களின் கற்றை, வரையறையிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் குவிந்து ஓர் உருத்தோற்றப் புள்ளியை உண்டாக்குவதாகும். இதன் அடிப்படையில் ஒளியியல் அமைப்புகளை நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். உருப்பெருக்கும் அமைப்புகளில் பொருளும் உருத்தோற்றமும் குறிப்பிட்ட தொலைவுகளில் இருக்கும். அவை தம் இருப்பிடங்களைத் தமக்குள் மாற்றிக் கொள்ளக் கூடியவை. பொருளின் தொலைவு u, உருத்தோற்றத்தின் தொலைவு v எனில் ஒளியியல் அமைப்பின் குவியத் தொலைவு f = uv/u+v.

ஒரு பொருளின் மெய் உருத்தோற்றத்தை வில்லையின் மூலம் உண்டாக்க வேண்டுமானால் பொருளுக்கும் மெய்யுருத்தோற்றத்திற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு வில்லையின் குவியத் தொலைவைப் போல நான்கு மடங்கு அல்லது அதற்கு மேற்பட்டதாக இருக்க வேண்டும். ஒளிப்படப் பொருளருகு கருவிகள் (photographic objectives) பெருந்தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் மெய்யுருத்தோற்றத்தைத் தம் குவியத்தளத்தில் உண்டாக்கும். கண்ணருகு கருவிகள் (eye pieces) அல்லது நுண்ணோக்கிப் பொருளருகு கருவிகள் என்பனவற்றில் அண்மையிலுள்ள ஒரு பொருளின் மாய உருத்தோற்றம் வரம்பிலியில் உருவாக்கப்பட்டுக் கண் முயற்சியின்றிப் பார்க்கக் கூடியதாக அமையும். தொலைநோக்கிகள், தொலைவில் உள்ள ஒரு பொருளின் மாய உருத்தோற்றம் வரம்பிலியில் கண் முயற்சியின்றிக் காணும் வகையில் அமையும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒளிவலி

கதிரொளியாலோ, செயற்கை ஒளியாலோ தோலில் அழற்சியும், வலியும் உண்டாகலாம். புற ஊதாக் கதிரையும் கட்புலன் ஒளியையும் உள்ளடக்கிய ஒளி அலையின் நீளம் 250-800 nm இருக்கும்போது கதிரொளியில் வேண்டா விளைவுகள் தோன்றலாம். ஏனெனில் தோலில் உள்ள மெலானின், ஒளியைப் பிரதிபலிக்கவும், உள்ளேற்கவும், சிதறவும் செய்யும்.

குழந்தைகளில் மிகுகதிர்த்தீப்புண்ணின் எதிர்வினை தான் வலிமை உண்டாக்குவதில் குறிப்பிடத்தக்கது. 290-320 nm எல்லையில் ஒளிக்கதிர்கள் மேற்கூறிய எதிர்வினையை உண்டாக்குகின்றன. ஒளிபட்ட 6-12 மணி நேரங்களில் தோலில் செந்தடிப்புத் தோன்றுகிறது. 24 மணி நேரத்தில் விளைவுகள் மிகையாகின்றன. கடுமையான சிவப்பு நிறம், தாங்க முடியாத தொடுவலி, வீக்கம், கொப்புளம் ஆகியவை தோன்றுகின்றன. தோல் கருமையடைகிறது. குளிர் நீர் ஒற்றடம் பயனளிக்கும். வலி எதிர் மருந்தும் பயனளிக்கும். ஸ்டீராய்டுகள் அழற்சியையும், வலியையும் குறைக்கின்றன. ஆகவே இத்தகையோர் நீண்ட நேரம் சூரிய ஒளியில் நிற்கக்கூடாது. கதிரொளியால் பாதிக்கப்பட்ட தோல் விரைவாக மூப்படைவது, மூப்படைவதால் தோலின் நெகிழ்வு குறைவது, கரணைகள், ஸ்குவாமஸ் செல்கார்சினோமா ஆகிய நோய்கள் உண்டாவது போன்ற விளைவுகள் தோன்றலாம். தோல் புற்றும் உண்டாகலாம்.

தோல் அழற்சியும், ஒளி நச்சு எதிர்வினைகளும் உண்டாகலாம். கதிரொளியால் உண்டாகும் தோல் எதிர்வினைகள் வருமாறு: கதிரொளித் தீப்புண், மருந்துகளால் (டெட்ராசைக்ளின், குளோர்தயசைடு, சல்ஃபா, பார்பிச்சுரேட்) உண்டாகும் வலியுடன்கூடிய அழற்சி, தோலழற்சி, தோலின் கடினத் தன்மை, பார்ஃபைரியாக்கள், லைகன்பிளேன்ஸ், சார்காய்டு, போன்றவையாகும்.

- மு.கி. பழனியப்பன்

நூலோதி. Richard E. Behrman, *Nelson Text Book of Paediatrics*, Twelfth Edition, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1983.

ஒளிவரை அளவியல்

விமானத்திலிருந்து எடுக்கப்படும் ஒளிப்படங்களிலிருந்து தேவையான நில அளவுகளை அளந்து கணக்கிட்டு அறிய உதவும் இயல் ஒளிவரை அளவியல் (photogrammetry) ஆகும்.

விமானத்திலிருந்து ஒளிப்படம் எடுத்தல். விமானத்தில் ஒளிப்படக் கருவியின் அச்சு (axis) செங்குத்து நிலையில் பொருத்தப்பட்டு நில ஒளிப்படங்கள் எடுக்கப்படுகின்றன. விமானத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ஒரு சமதள நிலபரப்பின் ஒளிப்படம், ஏறக்குறைய அதன் நிலப்படத்திற்குச் (map) சமமாகும். ஆனால், விமானம் பறக்கும்போது அதன் நிலையில் ஏற்படும் சாய்வு, சுழற்சி, நிலத்தின் புடைப்பு (relief) மாற்றங்கள் ஆகியவற்றால் விமானத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ஒரு நில-நிழற்படம் நிலப்படத்திலிருந்தும் வேறுபடும்.

நிலப்படத்திற்கும், நில-ஒளிப்படத்திற்கும் இடையிலுள்ள அளவின் திரிபுகளைக் கண்டு திருத்தித்

தேவையான அளவுகளைக் கணிக்க ஒளிவரை அளவியல் பயன்படுகிறது.

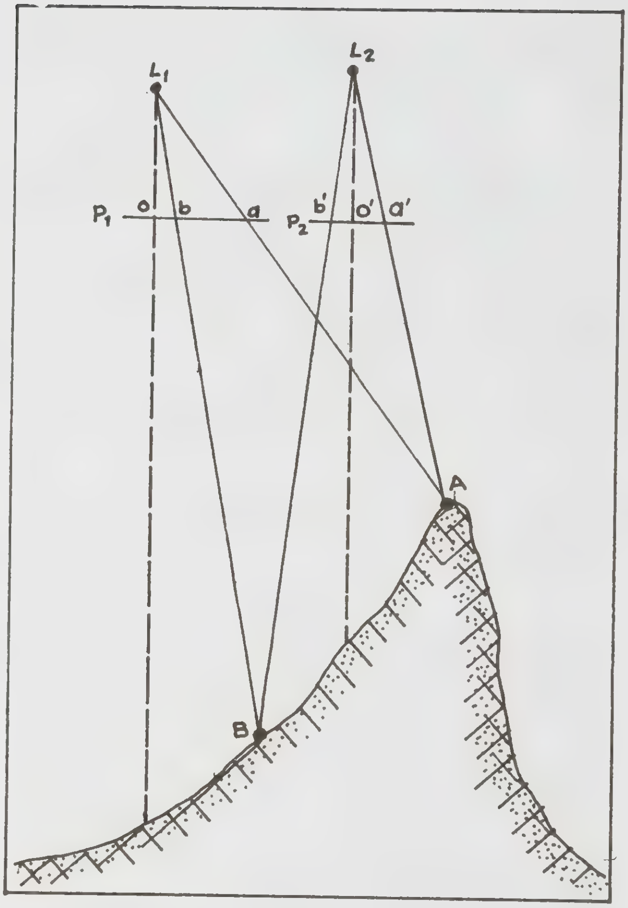
திப்பக்காட்சி. 23 செ.மீ×23 செ.மீ. அளவு எதிர்மறைத் தளத்தையுடைய ஒளிப்படக் கருவியுடன் திட்டமிட்ட ஒரு நேர்கோட்டில் குறிப்பிட்ட உயரத்தில் குறிப்பிட்ட வேகத்தில் விமானம் பறந்து செல்கிறது. விமானத்தின் வேகத்திற்கேற்பக் கணக்கிடப்பட்ட நேர இடைவெளியில் ஒளிப்படக் கருவி தானாக இயங்கி ஒளிப்படங்களை எடுக்கிறது. அடுத்தடுத்த இரு நிழற்படங்கள் உள்ளடக்கும் நிலப் பரப்பில் 60% இரண்டுக்கும் பொதுவாக இருக்குமாறு நேர இடைவெளி கணக்கிடப்படுகிறது. இப்பொது நிலப்பரப்பிலுள்ள பொருள்களின் உருவங்கள் அடுத்தடுத்த இரு ஒளிப்படங்களிலும் காணப்படும்.

ஒரே பொருளின் இரு உருவங்களும் இருவேறு நோக்குக் கோணங்களில் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட இரு ஒளிப்படங்களைக் கணக்கிடப்பட்ட தொலைவில் அருகருகே வைத்து இடப்புறமுள்ள நிழற்படத்தை இடக் கண்ணாலும், வலப்புறமுள்ள நிழற்படத்தை வலக் கண்ணாலும், பார்க்கும்போது பொது நிலப்பரப்பிலுள்ள உருவங்களில் இரு காட்சிகளும் கட்புலன் ஆற்றலால் ஒருங்கிணைந்து பெறப்படும் முப்பரிமாணக்காட்சியே (புடைப்பியல் வடிவங்கொண்ட) திப்பக் காட்சி (stereo vision) ஆகும். இதுவே ஒளிவரை அளவியலின் அடிப்படை ஆகும். விமானத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட நில ஒளிப்படங்களில் திப்பக் காட்சியைக் காண்பதற்குக் கண்களுக்குப் பயிற்சி தேவையாகும்.

விமானத்தில் பொருத்தப்பட்ட ஒளிப்படக் கருவியின் மூலம் எடுக்கப்படும் நில-ஒளிப்படத்தில் பதிவாகும் உருவங்கள் இடமாறு தோற்றத்துடன் பதிவாகின்றன. விமானம் முன்னோக்கிப் பறப்பதால் ஏற்படும் இடமாறு தோற்றம் (X) - இடமாறு தோற்றம் என்றும், விமானச் சாய்வினால் ஏற்படும் இடமாறுதோற்றம் (Y) இடமாறு தோற்றம் என்றும் குறிக்கப்படும். இவற்றில் X- இடமாறு தோற்றமே தேவையானதும் பயனுடையதுமாகும். இதைக் கோட்டுப் படத்தின் மூலம் கணித முறையில் விளக்கலாம்.

ஒரு மலை உச்சியையும், அதன் அடிவாரத்தையும் உள்ளடக்கிய பரப்பின் நில ஒளிப்படம் எடுக்கும் முறை படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்படம் இடமாறுதோற்றப்பிழையை விளக்கவும் பயன்படும்.

L_1, L_2 என்பன அடுத்தடுத்த இரு ஒளிப்படங்கள் எடுக்கும் நேரங்களில் விமானத்தின் நிலைகளைச் சுட்டுகின்றன. P_1, P_2 என்பன முறையே L_1, L_2 என்னும் நிலைகளில் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படப் பதிவுகள் ஆகும். இப்பதிவுகளில் ஒளிப்படக் கருவியின் அச்சு o, o^1 என்னும் இடங்களிலும் அடிவாரம் B இன் பதிவுகள் b, b^1 என்னும் இடங்களிலும் மலை



படம் 1.

படம் 1. கோட்டுப் படம் (குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்)

L_1, L_2 - நிழற்படம் எடுத்த இடம் P_1 P_2 - நிழர்படம் A, B - பொருட்புள்ளிகள் (மலைஉச்சி, அடிவாரம்) a, b - முதல் நிழற்படத்தில் A-, B- இவற்றின் உருவப் புள்ளிகள் a^1, b^1 - இரண்டாம் நிழற்படத்தில் A-, B- இவற்றின் உருவப் புள்ளிகள் O_a-O_a^1 P_A- A இன் இடமாறு தோற்றம் (X_a) (X_a^1) O_b - O_b^1 P_B - B இன் இடமாறு தோற்றம் (X_b) (X_b^1)

உச்சி A -இன் பதிவுகள் a,a' என்னும் இடங்களிலும் முறையே பெறப்பட்டுள்ளன. இடமாறு தோற்றப் பிழையால் oa, o^1a^1 இரண்டும் அவ்வாறே ob, o' b' இரண்டும் சமமாக இரா. இவற்றிடையே உள்ள வேறுபாடுகளை இடமாறு தோற்றப் பிழை என்பர். oa - oa' A - இன் இடமாறு தோற்றப் பிழை (X^i_a) என்றும், o b-o b', B-இன் இடமாறு தோற்றப் பிழை (X_b) என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

விமானத்திலிருந்து பார்க்கும்போது உயரமான நிலப் பொருள்களின் இடப்பெயர்ச்சி (X-இடமாறு தோற்றம்) மிகுதியாகவும், தாழ்வான பொருள்களின் இடப்பெயர்ச்சி (X-இடமாறு தோற்றம்) குறைவாக

வும் இருக்கும். எனவே, இடமாறு தோற்றப் பிழை யின் அளவு நிலப்பொருள்களின் உயரத்தோடு தொடர்பு கொண்டதாகும். இதனால் படத்தில் காணும் மலை உச்சியின் (A இன்) X இடமாறு தோற்றம் (P_A) மிகுதியாகவும் மலை அடிவாரத் தின் (B-இன்) X இடமாறுதோற்றம் (P_B) குறை வாகவும் இருக்கும். இரண்டுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு ($P_A - P_B = \triangle_P$) எனப்படும். இது A, B இரண்டின் உயர வேறுபாட்டுடன் தொடர்பு கொண் டது. விமானத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட நில - ஒளிப் படங்களிலிருந்து A-இன் X - இடமாறுதோற்றமும் B-இன் X-இடமாறுதோற்றமும் அளக்கப்படும்.

இடமாறு தோற்றத்தை அளக்கும் முறை. விமானத்தி லிருந்து எடுக்கப்பட்ட அடுத்தடுத்த இரு நில - ஒளிப் படங்களில் பதிவான ஒரே பொருளின் இரு உருவ இடங்களை வைத்து, அவற்றின் இடமாற்ற வேறு பாட்டை, அளவுகோல் (Scale) மூலம் ஒவ்வோர் ஒளிப்படத்திலும் அளந்து இரண்டுக்கும் உள்ள வேறு பாட்டைச் (X-இடமாறு தோற்றம்) சரியாகக் கணக் கிடுவது கடினமாகையால், மிதக்கும் குறிக்கொள்கை யால் உருவாக்கப்பட்ட இடமாறுதோற்றக் கருவி இதில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் நேராக X - இடமாறு தோற்றத்தை அளக்கலாம்.

ஒரே மாதிரி குறிகள் பொறிக்கப்பட்ட இரு கண்ணாடித் துண்டுகள் இடமாறு தோற்றக் கருவியில் உள்ளன. அவ்விரு கண்ணாடித் துண்டுகளும் இட மாறு தோற்றக் கருவித் தண்டின் இரு நுனியிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அத்தண்டின் நீளம் தேவை யான அளவு இருப்பதால் ஆய்வுக்காகத் திட்பக் காட்சிக் கருவியின் அடியில் வைக்கப்பட்ட இரு ஒளிப் படங்களின் மேல் (விமானம் பறக்கும் நேர்கோட்டுத் திசையில்) இடமாறு தோற்றக் கருவியை வைக்க லாம். இரு கண்ணாடித் துண்டுகளையும் அவ்வாறு வைத்துத் திட்பக் காட்சிக் கருவியின் கண்ணாடி வில்லைகளின் மூலம் முன்கூறியவாறு திட்பக் காட்சி யைப் பார்ப்பதுபோல் பார்த்து, இரு கண்ணாடித் துண்டுகளுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவைக் குறைத்தோ, மிகுதியாக்கியோ சீர் செய்தால் ஒரு நிலையில் இரு கண்ணாடியிலும் உள்ள இரு குறிகள் ஒன்றாகி (coincide) உயரத்தே காட்சியளிக்கும். அதன் கீழ்த் தளத்திலிருந்து உயரத்தில் மிதப்பதால் இணைந்த இக்குறிக்கு மிதக்கும் குறி எனப் பெயர்.

பிறகு, அதே பக்கத்தின் ஒளிப்படங்களிலுள்ள ஒரே பொருளின் இரு உருவப் புள்ளி மேல் இருகுறி களையும் (கண்ணாடித் துண்டுகளையும்) வைத்துத் திட்பக்காட்சிக் கருவியிலுள்ள சுழலும் உருளை யினால் இரு கண்ணாடித் துண்டுகளுக்கும் இடை லுள்ள இடைவெளியைச் சீராக்கினால் மிதக்கும் குறியைத் திட்பக் காட்சியிலுள்ள உருவத்தின் உயரத்திற்குக் கொண்டு போகலாம். அவ்வாறு செய்தால் மிதக்கும் குறியின் X-இடமாறுதோற்றம் ஒன்றாகும். இந்த அளவை இடமாறுதோற்றக் கருவியிலிருந்து கண்டுபிடிக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக, படத்திலுள்ள மலை உச் சிக்கும் (A), அதன் அடிவாரத்திற்கும் (B), X-பெயர்ச்சிகளைக் கண்டுபிடிக்கலாம். பிறகு இரண்டுக் கும் உள்ள வேறுபாட்டைக் ($\triangle P$) கண்டு பிடிக்கலாம்.

$$\triangle h = \frac{Z_R \ \triangle P}{P_R + \triangle P}$$

என்னும் கணிதச் சமன்பாட்டில் $\triangle P$இன் மதிப்பைப் பயன்படுத்தி A,B இவற்றின் உயரவேறுபாட்டைக் ($\triangle h$) கணக்கிடலாம். இச்சமன்பாட்டில், ZR = விமானம் பறந்த உயரம்; PR = அடுத்தடுத்த இரு ஒளிப்படங்களின் நடுப்புள்ளிகளுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவு. இவ்வாறே,

$$\tan Q = \frac{c}{d} \cdot \frac{\triangle P}{P_R + \triangle P}$$

என்னும் சமன்பாட்டின் மூலம் அம்மலையின் சாய் வுக் கோணத்தையும் (Q) கண்டுபிடிக்கலாம். இச் சமன்பாட்டில், C என்பது ஒளிப்படக் கருவியின் குவியத் தொலைவு. d என்பது Aக்கும், Bக்கும் உள்ள கிடைத்தொலைவு. c,dஇன் மதிப்புகள் நிழற்படத்தி லிருந்து அளக்கப்படும். இதே முறையில் பாறை களின் அடுக்கமைவையும், சாய்வையும் கணக்கிட லாம்.

களப்பணி இன்றியே விமானத்திலிருந்து எடுக் கப்பட்ட நில-ஒளிப்படத்தின் மூலம் மலையின் உயரத்தையும், அதன் சாய்வு கோணத்தையும், பாறைகளின் அடுக்கமைவு நிலையின் சாய்வையும் கோணத்தையும் கணக்கிட முடிவதால், நிலவியலில் ஒளிவரை அளவியலின் பயன் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். சம உயரக்கோட்டு நிலப்படங்கள் தயாரிப்பிலும், ஒளிவரை அளவியல் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

- வே. சீனிவாசன்

ஒளிவளைய வரைபி

சூரியன் பரப்பில் உள்ள ஒளிர்மகுடம் (corona), விளிம் பில் உள்ள தீக்கொழுந்துகள் (prominance) போன்ற வற்றின் தகவல்களறியவும், ஆய்வுகள் நடத்தவும் முன்னர் முழுச்சூரிய மறைப்புக் காலத்தில் மட்டுமே முடிந்தது. ஆனால் முழுச்சூரிய மறைப்பு ஒருசில இடங்களில் மட்டும் மிகக் குறுகிய நேரத்திற்குத்

தெரியும். மேலும் சில நேரங்களில் சூரிய மறைப்பி லிருந்தும். மேக மறைப்பு அல்லது வானிலை மாறுதல்களால் ஒன்றுமே செய்ய முடியாமல் வானியல் அறிஞர்கள் மிகுந்த ஏமாற்றமடைவதுமுண்டு. இவற்றைத் தவிர்க்க, செயற்கையாகச் சூரிய முழு மறைப்பு ஏற்படுத்த, பெர்னார்டு லயட் என்னும் பிரெஞ்சு நாட்டு வானியல் அறிஞர், 1930இல் ஒளி வளைய வரையி (coronograph) என்னும் கருவியைக் கண்டுபிடித்தார்.

இதில் ஒரு தொலைநோக்கியின் பொருளருகு வில்லையின் குவிதளத்தின் மையத்தில் கருமை பூசிய வட்டத் தகடு பொருத்தப்பட்டுள்ளதன் மூலம் சூரிய மறைப்புச் செயற்கையாக ஏற்படுத்தப்படும். மேலும் சூரிய ஒளிக்கதிர் எதிரொளிக்கப்படாதவாறும், மங்கலாக ஒளிர் மகுட ஒளி மட்டும் தெரியுமாறும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இத்துடன் நுணுக்கமாகக் கண்டுபிடிக்கப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் பொறியமைவுக்கு (detector) முன்னால் குறுகிய பட்டைக் கோடுகளமைப்பில் ஒளி ஊடுருவிச் செல்லுமாறும் அமைக்கப்பட்டிருப்பதால், E-ஒளிர் மகுடத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிக்கோடுகளையும் காணமுடியும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஒளிவளைவு (வானியல்)

மாறு விண்மீனின் (variable star) ஒளிர்வுத் திறனில் காணப்படும் முறையான அல்லது முறையற்ற மாற்றங்களைத் தக்க வரைபடங்களால் காட்டப் பயன்படும் கோடுகளே ஒளிவளைவுகள் (light curves) எனப்படுகின்றன. ஒரு விண்மீனின் ஒளிர்வுத்திறன் மாறிமாறி ஒரு சீரான மாற்றத்திற்கோ ஏறக்குறைய ஒரே சீரான மாற்றத்திற்கோ உட்படுமெனில், ஒரு குறிப்பிட்ட காலக்கட்ட வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ப அதன் ஒளிர்வுத் திறனில் காணப்படும் மாற்றங்களை ஒரு வரைபடமாகக் காட்டலாம். காலக் கட்ட வேறுபாட்டின் தொடக்கமாக, இரும மாறுவிண் மீன்களில் அவை மங்கலாகத் தோன்றும் காலத்தையும் தனி மாறு விண்மீன்களில், அது மிகவும் வெளிச்சமாகத் தோன்றும் காலத்தையும் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

பொதுவாகக் காலக்கட்ட வேறுபாட்டை நேரஞ் சார்ந்த ஒரு சார்பாகவும், ஒளிர்வுத் திறனை விண் மீன்கள் வகையில் பொலிவுப்பரிமாணமாகவும் (magnitude) குறிப்பிடலாம். ஒரு விண்மீனின் ஒளிர்வுத் திறனைக் குறிப்பிடுவதற்கு, வானியலார் பொலிவுப் பரிமாண நிலையையே ஓர் அளவு கோலாகக் கொண்டுள்ளனர். வரைபடத்தில் பொலிவுப் பரிமாணத்தை மடக்கை அலகில் (logarithmic scale) குறிப்பிடுவர். இதனால் ஒளிர்வுத் திறனில் மிகுதியான மாறுதல் இருப்பினும், அதை ஒரு குறுகிய நெடுக்கைக்குள் ஏற்படும் ஒரு மாற்றமாகக் காட்ட இயல்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, பொலிவுப் பரிமாணத்தில் 5 அலகு மாற்றம் என்பது ஒளிர்வுத் திறனில் 100 மடங்கு மாற்றத்திற்குச் சமம். இது போன்ற ஒளிர்வுத் திறன் மாறுபாடுகள் சில செந்நிற மாறு விண்மீன்களில் (red variable stars) காணப்படு கின்றன. பெருமளவிலான மாற்றங்கள் ஒளிர் விண் மீன்களிலும் (novae), சிதைவுறு ஒளிர் விண்மீன் களிலும் (super novae) ஏற்படுகின்றன. சிலவகையான ஒளிவளைவுகள் படம்-1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

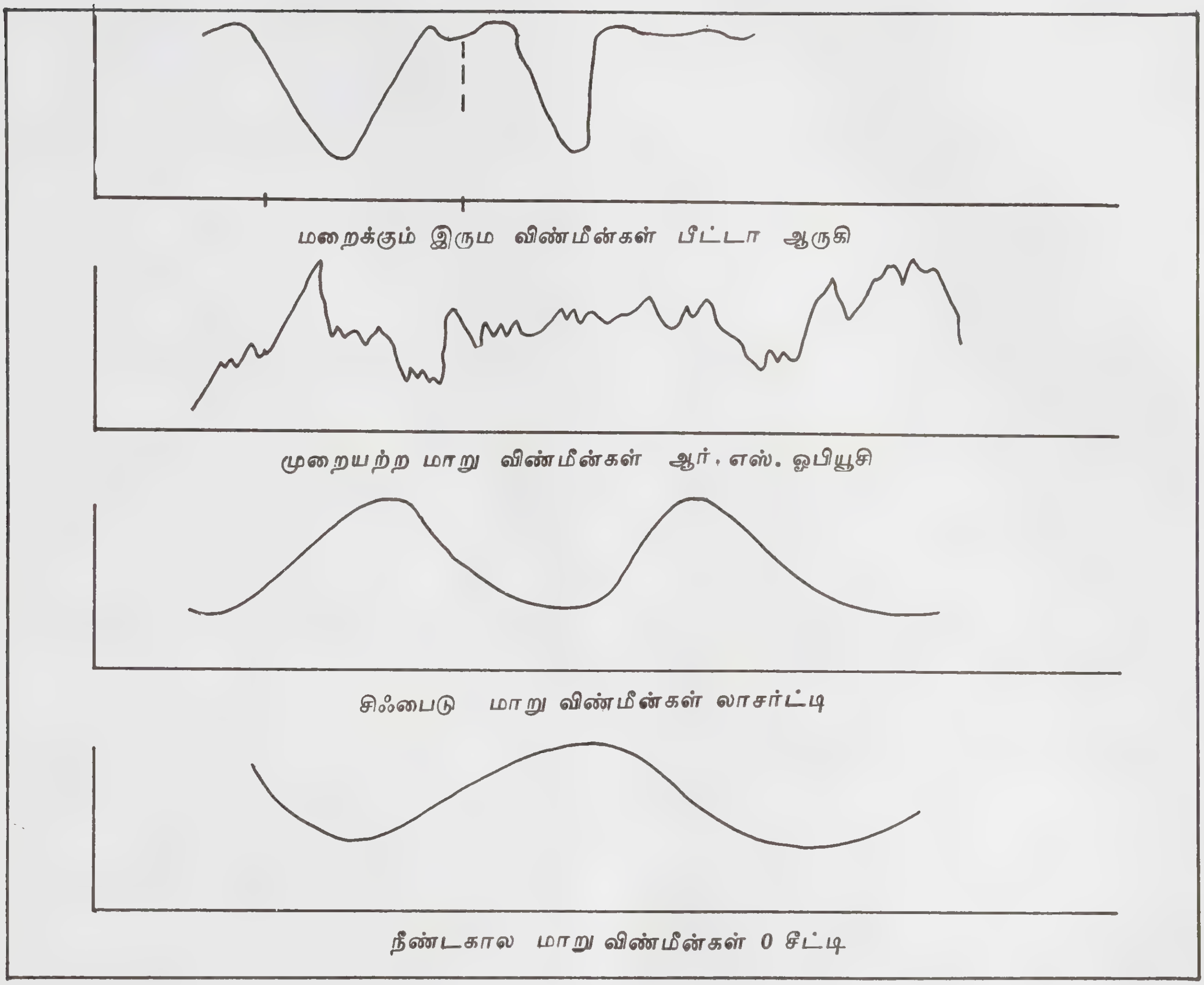
பயன்கள். ஒளி வளைவுகள் பல வகைகளில் பயனுள்ளதாக உள்ளன. ஒளிமறைப்பு விண்மீன்களை அவற்றின் நிறமாலை வரைவியில் விவரங்களுடன் இணைத்து ஆய்வு செய்யும்போது விண்மீனின் பரிமாணம், நிறை, அடர்த்தி போன்றவற்றைப் பற்றி அறிய முடிகிறது. துடிக்கும் மாறு விண்மீன்களாக (Pulsating variable star) இருக்குமெனில் (அவற்றைச் சிஃபைடு (Cepheid) என்பர்) அவற்றின், ஒளிர்வு மற்றும் அலைவுக்காலத்திலிருந்து, அவற்றின் மாறு படும் ஒளிர்வுத்திறனைக் கண்டறியலாம்.

மாறு விண்மீனின் தோற்ற ஒளிர்வுத் திறனை மதிப்பிட்டு அவற்றின் தொலைவுகளையும்அறியலாம். இதில் அருகிலுள்ள ஒரு விண்மீனின் ஒளிர்வுத் திற னுக்கும், மாறு விண்மீனின் ஒளிர்வுத் திறனுக்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாட்டையே வரைபடத்தில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வழிமுறையால் சில அண்டங்களின் தொலைவுகளையும்மதிப்பிடலாம்.

ஒளி வளைவின் தோற்றம் எந்த அதிர்வெண்ணில் ஆய்வு மேற்கொள்ளப்படுகின்றது என்பதைப் பொறுத் தது. மறைக்கும் இரும விண்மீன்களில் வெப்பமிக்க விண்மீன் குறைந்த வெப்பமுடைய விண்மீனின் பின்னால் இருக்கும்போது மிகுதியான அலைநீளங் களைவிடக் (மஞ்சள், சிவப்பு) குறைந்த அலைநீளங் களில் (புற ஊதா, ஊதா) பெருமளவு ஒளி இழக்கப் படுகிறது. அவ்விரு விண்மீன்களும் முன்பின்னாக மாறி இருக்கும்போது இதற்கு எதிர்மாறாக ஏற்படு கின்றது.

ஒளிர்வு மாற்றம் ஒரு சீரான சுற்று முறைக்குட் படாமலும் இருக்கலாம். அப்போது அதன் ஒளிர்வுத் திறனுக்கும், ஆய்வு மேற்கொண்ட காலத்திற்கும் இடையில் மட்டும் வரைபடம் வரைய இயலும். இத்தகைய நிலை, செந்நிற மாறுவிண்மீன் மற்றும் வெடிக்கும் மாறுவிண்மீன் (explosive variables) போன்ற அமைப்புகளில் காணப்படுகிறது.

ஒளி வளைவுக்கோட்டைப் புலனறி முறை, ஒளிப்பட முறை, ஒளிமின் முறை ஆகியவற்றால் அறிகின்றனர். புலனறி முறை எளிமையானது. இது



படம் 1

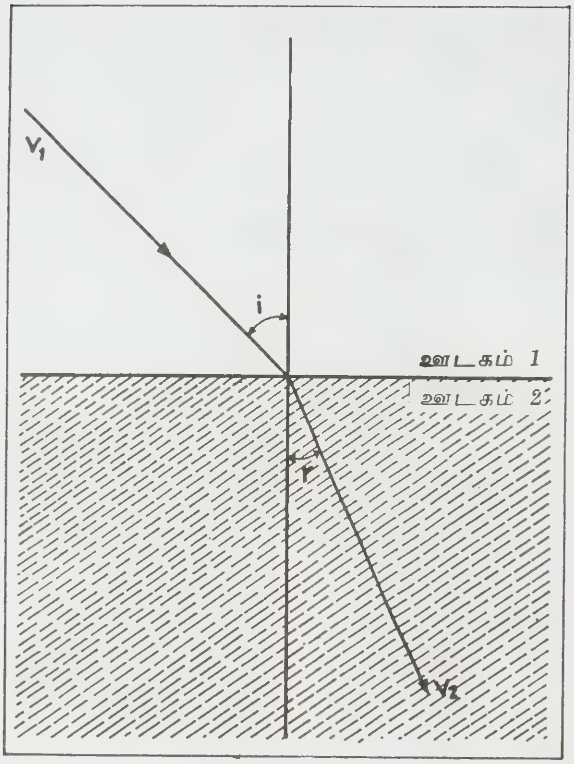
நீண்டகாலச் சுற்று முறைக்கு உள்ளாகும் மாறு விண்மீன்களுக்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது. ஒளிப்படமுறை, மாறு விண்மீனைக் கண்டறியவும் அவற்றை வகைப் படுத்தவும் பயன்படுகிறது. மிகநுட்பமான ஆய்வு முறைக்கு ஒளிமின் முறையே சிறந்தது.

- தனலட்சுமிமெய்யப்பன்

ஒளி விலகல்

ஓர் அலையின் திசைவேகம் மாறும்போது அதன் பரவல் திசை மாறுவது விலகல் எனப்படும். பல சமயங்களில் விலகல் என்னும் சொல் கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளிக்கதிர்களின் திசைமாற்றத்தைக் குறிப் பிடப் பயன்பட்டாலும் பிற மின்காந்த அலைகளும், ஒலி அலைகளும், நீர் அலைகளும்கூட இந்நிகழ்வுக்கு உட்படும்.

ஒரு சமதள அலை முகப்பு அடர்வு குறைந்த ஓர் ஊடகத்தில் பயணம் செய்யும்போது (படம் 1) அடர்வு மிகுந்த ஊடகத்தில் நுழைய நேருமாயின் அதன் திசை வேகம் குறைகிறது. இதனால் அதன் பயணத் திசை இரு ஊடகங்களுக்கும் இடையிலான பிரிதளத்திற்கு வரையப்படும் செங்குத்தை நோக்கித் திரும்புகிறது. இரண்டாம் ஊடகத்தின் அடர்த்தி முதலாம் அடர்த்தியைவிட மிகுதியாக இருக்கு மானால் அதன் திசை, செங்குத்தை விட்டு விலகித் திரும்பும். படு அலை முகப்பின் பயணத்திசைக்கும், பிரிதளத்தில் வரையப்பட்ட செங்குத்திற்கும் இடை யிலுள்ள கோணம் படுகோணம் (angle of incidence) என்றும் விலகல் அடைந்த அலை முகப்பின் பயணத் திசைக்கும் செங்குத்திற்கும் இடையிலுள்ள கோணம்



படம் 1. இரு ஊடகங்களின் பிரிதளத்தில் ஒளிவிலகல்

விலகல் கோணம் (angle of refraction) என்றும் குறிப்பிடப்படும்.

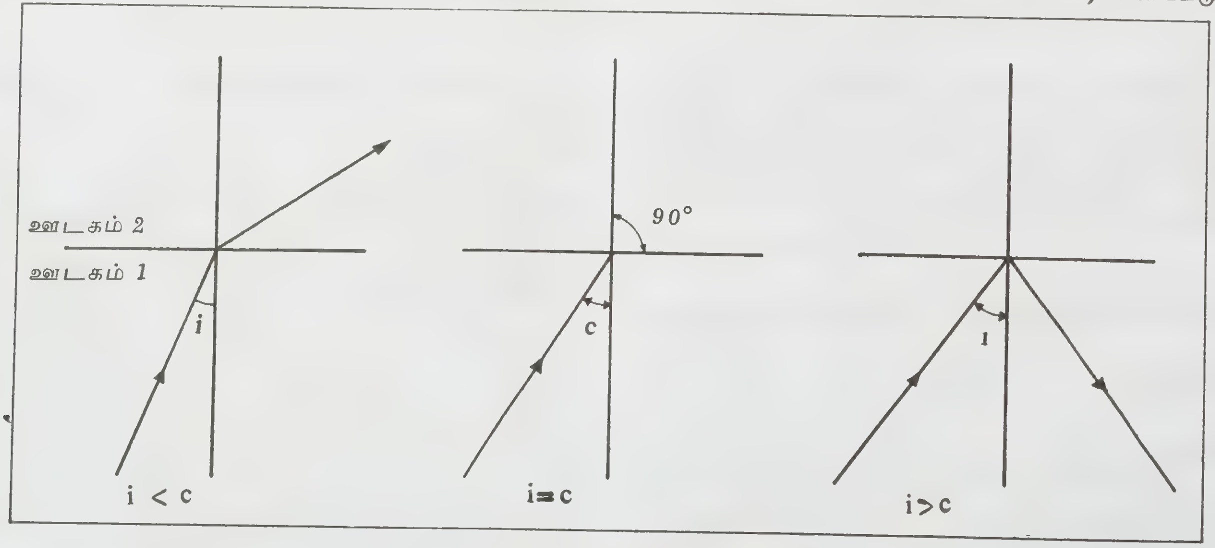
முதலாம் ஊடகத்தில் v_1 என்னும் திசைவேகத்துடன் பயணம் செய்யும் ஒரு படுகதிர் பிரிதளத்தில் i என்னும் படு கோணத்தில் விழுந்து இரண்டாம் ஊடகத்தில் r என்னும் விலகல் கோணத்தில் திரும்பி v_2 என்னும் திசைவேகத்துடன் பயணம் செய்தால் v_1/v_2 = Sin i/Sin r என இருக்கும். இது ஸ்நெல் விதி எனப்படுகிறது.

வெற்றிடத்தில் ஓர் அலைமுகப்பின் திசைவேகத்தை (c) ஓர் ஊடகத்தில் அதன் திசைவேகத்தால் (v) வகுத்தால் கிடைப்பது அந்த ஊடகத்தின் விலகல் எண் (refractive index) ஆகும். வெற்றிடத்தில் அலையின் திசைவேகம் c எனில் $n = c/v$.

முதலாம் ஊடகத்துக்கு $n_1 = c/v_1$. இரண்டாம் ஊடகத்துக்கு $n_2 = c/v_2$ எனவே $c = n_1 v_1 = n_2 v_2$ அல்லது n_1 Sini = n_2 Sin r. படுகதிர், படுதானத்தில் வரையப்பட்ட செங்குத்து, விலகிய கதிர் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.

முதல் ஊடகத்தைப் பொறுத்து இரண்டாம் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் $n = n_1/n_2$. அப்போது ஸ்நெல் விதி Sin i = n Sin r என ஆகும். பரவுவதற்கு ஊடகம் தேவைப்படும் ஒலி போன்ற மீள் திறன் அலைகளுக்கு இச்சமன்பாடே பொருந்தும். ஒளி அலைப் பரவலில் முதலாம் ஊடகம் காற்றாக இருக்கும்போதும் இச்சமன்பாடு பொருத்தமாயிருக்கும். காற்றின் ஒளி விலகல் எண் ஏறக்குறைய ஒன்றுக்குச் சமம்.

ஒளி அலை, உயர் அடர்த்தியுள்ள ஊடகத்திலிருந்து குறைந்த அடர்த்தியுள்ள ஊடகத்திற்குள் நுழையும்போது $(n_1/n_2)\sin i \leq 1$ ஆக இருந்தால் மட்டுமே ஒளி விலகல் நடைபெறும். i மதிப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் போய்விட்டால் Sin r ஒன்றை விடப் பெரிதாகிவிடும். இது பொருந்தாது. அத்தகைய சூழ்நிலையில் ஒளி பிரிதளத்தில் விலக்கம் அடையாமல் முதல் ஊடகத்திற்குள்ளேயே முழுதும் எதிரொளிக்கப்பட்டு விடுகிறது. இது முழு அக எதிரொளிப்பு (total internal reflection) எனப்படுகிறது.



படம் 2. முழு அகப்பிரதிபலிப்பு

முழு அக எதிரொளிப்பு நிகழாத வகையில் படு கோணம் பெற்றிருக்கக்கூடிய பெரும மதிப்பு மாறு நிலைக்கோணம் (critical angle) எனப்படும். அது C எனில் Sin $C=n_2/n_1$. படுகோணம் மாறு நிலைக் கோணத்தைவிடச் சிறியதாக இருக்கும் வரையில் ஒளிவிலகல் ஏற்படும்.

படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் சம மாக இருக்கும்போது விலகு கோணம் 90^0 க்குச் சம மாகி விலகு கதிர் பிரிதளத்தைத் தடவிக்கொண்டு செல்லும். முழு எதிரொளிப்பின்போது படுகதிர் ஆற்றல் முழுதும் எதிரொளிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. அந்நிலையில் ஆற்றல் உட்கவரப்படுவதில்லை. இரட்டைக்குழல் தொலைநோக்கிகள் (binoculars) போன்ற கருவிகளில் ஒளிச் செறிவு இழக்கப்படாத வகையில் ஒளிக்கதிர்களைத் திசைமாற்றம் செய்ய முழு அக எதிரொளிப்புப் பட்டகங்கள் பயன்படு கின்றன.

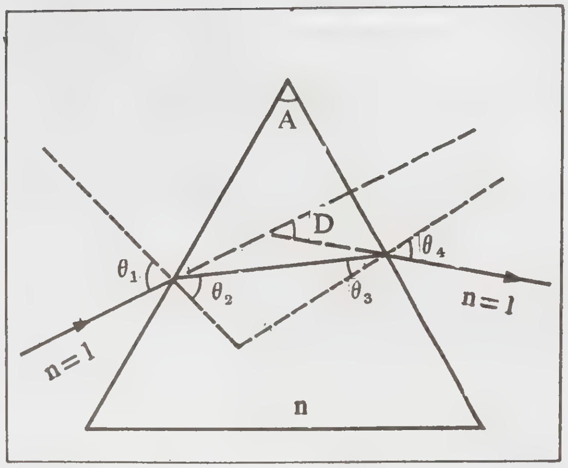
விலகல் எண் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டிருக்கும் ஓர் ஊடகத்தின் மூலமாக அலைகள் பயணம் செய்யும் போது அவற்றின் பாதை சீரான வளைகோடு களாக இருக்கும். $n=n(y)$ எனவும் படுகதிர் x y தளத்தில் அமைந்திருப்பதாகவும் கொள்ளலாம். படுகதிர் y அச்சிலிருந்து θ கோணத்தில் திசை கொண்டிருக்குமானால் $\frac{d\theta}{dn} = -1/n \tan\theta$ என்னும் வடிவத்தில் ஸ்னெல் விதியைத் திருத்தி எழுதலாம். இச்சமன்பாட்டைத் தொகையிடுவதன் மூலம் கதிரின் பாதையைக் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

ஒரு பட்டகத்தின் வழியாக ஓர் ஒளிக்கதிர் கடந்து செல்லும்போது (படம் 3) அதன் திசையில் ஏற்படும் மாற்றம் $D = \theta_2+\theta_4 - A$. இதில் A என்பது பட்டகத்தின் உச்சிக்கோணம். ஸ்னெல் விதியின்படி $n=\sin\theta_1/\sin\theta_2 = \sin\theta_4/\sin\theta_3$

$\theta_2=\theta_3$, $\theta_1 = \theta_4$ என இருக்கும் வகையில் ஒளிக் கதிர்ப்பட்டகத்தின் வழியாகச் சமச்சீர்மையுடன் செல் லும்போது அதன் திசையில் ஏற்படும் மாற்றம் சிறும மாக இருக்கும். அப்போது $n=\sin\frac{(A+D)}{2} / \sin A/_2$.

ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளிக் கதிர்ப் பட்டகத்தில் சிறுமத் திசை மாற்றத்துடன் பயணம் செய்யும்போது பிரிகைத்திறன் அல்லது நிறமாலை யின் பக்கவாட்டு விரிவு பெருமமாக உள்ளது.

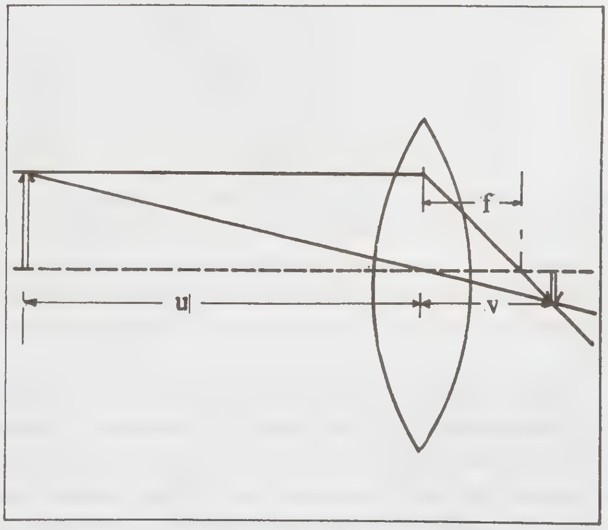
பட்டகத்தின் பிரிகைத்திறன் (dispersion) $dn/d\lambda$ ஆகும். பெரும்பாலான ஒளியியல் ஊடகங்களுக்கு இது எதிரினமாகும். எனவே சிவப்புக்கதிர் நீலக் கதிரைவிடக் குறைவாகத் திசைமாற்றம் அடையும். சாதாரண நெருப்புக்கல் (flint) கண்ணாடியின் ஒளி விலகல் எண் 1. 5 ஆகும். அடர்த்தி மிகுந்த நெருப்



படம் 3. முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகல்

புக்கல் கண்ணாடிகளுக்கு அது 1.7 அல்லது 1.8 ஆகும். வைரத்தின் ஒளி விலகல் எண் 2.42. நீரின் ஒளி விலகல் எண் 1.33. இதைவிட மிகுதியான ஒளி விலகல் எண்ணுள்ள தனி வகைப் பொருள் களும் உள்ளன. பல பொருள்களுக்கு வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறான ஒளி விலகல் எண்களும் இருக்கும்.

ஒரு வில்லையின் (படம் 4) இரு பரப்புகளிலும் ஒளி விலகல் நிகழும். வில்லை மெல்லியதாகவும் கதிர்கள் அதன் அச்சுக்கு ஏறக்குறைய இணையான வையாகவும் இருந்தால் $1/u+1/v=1/f$. இங்கு u என்பது வில்லையிலிருந்து பொருள் உள்ள தொலைவு. v என்பது வில்லையிலிருந்து உருத்தோற்றம் உள்ள



படம் 4. வில்லையின் ஒளிவிலகல்

தொலைவு. f என்பது வில்லையின் குவியத் தொலைவு. இரட்டைக் குழல் தொலைநோக்கிகள், தொலை நோக்கிகள், நுண்ணோக்கிகள், உருத்தோற்ற வீழ்த்திகள் (projectors) போன்ற உருப்பெருக்கம் செய்யும் கருவிகள் வில்லைகளாலும் பட்டகங்களாலும் ஏற்படும் ஒளி விலகலைப் பயன்படுத்துகின்றன.

கால்சைட், குவார்ட்ஸ் போன்ற திசையொவ்வாப் பண்புள்ள (anisotropic) ஒற்றைப் படிகங்களில் இரட்டை விலக்கம் (birefringence) தோன்றுகிறது. இத்தகைய ஒரு படிகத்தை ஓர் ஒளிப்புள்ளியின்மேல் வைத்துப் பார்த்தால் படிகத்தில் இரு உருத்தோற்றங்கள் தெரியும். படிகத்தைக் கிடைத்தளத்தில் சுழற்றினால் ஓர் உருத்தோற்றம் அசையாமலிருக்கும்; மற்றது அதைச் சுற்றி வரும். அத்தகைய படிகங்களில் ஒளிக்கதிர் புகும்போது கதிர் இரண்டாகப் பிரிகிறது. அவற்றில் ஒன்று சாதாரணக் கதிர் (ordinary ray) எனவும் ஏனையது அசாதாரணக் கதிர் (extraordinary ray) எனவும் கூறப்படும். இக் கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான தளங்களில் முனைவாக்கம் (polarized) செய்யப்பட்டிருக்கும். சாதாரணக் கதிர் ஸ்நெல் விதிக்குக் கட்டுப்படும். அசாதாரணக் கதிர் பொதுவாக ஸ்நெல் விதிக்கு உட்படுவதில்லை. அசாதாரணக்கதிர் அதன் அலை முகப்புகளுக்குச் செங்குத்தான திசைகளில் பரவுவதில்லை. இவ்விரு அலைகளின் திசைகளுக்கிடையில் உள்ள கோணம் படிகத்தின் ஒளி அச்சுக்கும் படிகத்திற்குள் ஒளி பரவும் திசைக்கும் இடையிலுள்ள கோணத்தைப் பொறுத்தது. ஒளி அச்சுக்கு இணையாகப் பயணம் செய்யும் ஒளி, இரட்டை விலக்கம் அடைவதில்லை.

இரட்டை விலக்கப் படிகங்கள் ஒற்றையான ஒளியச்சைக் கொண்டவையானால் அவை ஓரச்சுப் படிகங்கள் (uniaxial) என்றும், இரண்டு ஒளியச்சுகளைக் கொண்டிருந்தால் ஈரச்சுப்படிகங்கள் (biaxial) என்றும் குறிப்பிடப்படும். படிகத்துக்குள் அசாதாரணக்கதிரின் திசைவேகம், சாதாரணக் கதிரை விட மிகுதியாக இருந்தால் படிகம் நேரினமானது எனவும், அதற்கு மாறாக இருந்தால் எதிரினமானது எனவும் குறிப்பிடப்படும். கால்சைட் ஓர் எதிரின ஓரச்சுப் படிகம். குவார்ட்ஸ் நேரின ஓரச்சுப் படிகம். அபிரகம் ஈரச்சுப் படிகமாகும். இரட்டை விலக்கப் படிகங்கள் நைக்கல் பட்டகங்கள் போன்வை முனைவாக்கிகளாகப் (polarizers) பயன்படுகின்றன.

ஒளி விலகல் எண்களை அளவிடுதல் விலகல் அளவியல் (refractometry) எனப்படும். நிறமாலை அளவிகளைப் பயன்படுத்திப் பட்டக வடிவிலுள்ள பொருள்களின் ஒளி விலகல் எண்களை நுட்பமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். மெல்லிய சுவர்களுள்ள உள்ளீடற்ற பட்டக வடிவக் கலங்களில் நீர்மங்களை நிரப்பி இம்முறையில் அவற்றின் ஒளி விலகல் எண்களையும் கண்டுபிடிக்கலாம். பட்டக வடிவப் பொருள்களில் மாறுநிலைக் கோணங்களைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலமும் ஒளி விலகல் எண்களைக் கணக்கிடலாம். கன சதுரக் கலங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள நீர்மங்கள், செவ்வகப் பாளங்கள் ஆகியவற்றில் செங்குத்தாகப் பார்க்கும் போது தெரியும் தோற்றத் தடிமனால் உண்மையான தடிமனை வகுத்து ஒளி விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

வளிமங்களின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கண்டு பிடிக்க ஒளிக்குறுக்கீடு அளவு முறைகள் ஏற்றவையாகும். ஜாமீன் ஒளி விலகல் அளவியில் ஒரு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குழாயினுள் வளிமத்தை மெல்லப் புகுத்தும்போது பார்வைப்புலத்தின் குறுக்கே செல்லும் வரிகளின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலம் ஒளி விலகல் எண் கணக்கிடப்படுகிறது. மெல்லிய படலங்களாகக் கிடைக்கக்கூடிய திண்மங்களின் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் இம்முறையில் கண்டு பிடிக்கலாம்.

வேதிப் பகுப்பாய்வில் ஒளி விலகல் அளவிகள் குறிப்பிடத்தக்க கருவிகள் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக தெரியாத ஒரு நீர்மத்தின் ஒளி விலகல் எண்ணை அளவிடுவதன் மூலம் பல சமயங்களில் அதன் கூட்டமைப்பைக் கண்டுபிடிக்க முடிகிறது.

வளிமண்டலத்தில் ஒளி விலகல். வளிமங்கள் சற்றே மிகுதியான விலகு எண்களைப் பெற்றுள்ளன. பொதுவாக n-1 என்னும் அளவு, வளிம அடர்த்தி அல்லது அழுத்தத்திற்கும் தனி வெப்பநிலைக்கும் இடையிலான தகவுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். புவியின் வளிமண்டலத்தின் ஒளி விலகல் எண் 0° வெப்பநிலையிலும், 760 பாதரச மி.மீ. அழுத்தத்திலும் மஞ்சள் ஒளிக்கு 1.000293 ஆகவும், மேலே செல்லச் செல்லக் குறைந்து வளி மண்டலத்தின் மேல் விளிம்பில் ஒன்றாகவும் இருக்கும். எனவே விண்ணிலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்கும்போது அவை அடிவானத்திலிருந்து உண்மையிலிருப்பதைவிட மிகு தொலைவிலிருப்பதுபோலத் தோற்றமளிக்கின்றன. இவ்வேறுபாடு அடிவானத்தில் 35′ கோணவில்லாக உள்ளது. உச்சி வானத்தை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல வேறுபாடு குறைந்து, உச்சி வானில் சுழியாகி விடுகிறது.

உச்சி வானில் ஒளி செங்குத்தாக வளிமண்டலத்தில் நுழைகிறது. இவ்வாறு சூரியனும் பிற வான் பொருள்களும் உண்மையில் தோன்றுவதற்கு முன்னரே கண்ணுக்குத் தெரியத் தொடங்குகின்றன. ஓரிடத்தின் குறுக்குக் கோட்டளவைப் (latitude) பொறுத்து இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மணித்துளிக்கு முன்னரே அவை எழுந்தவையாகத் தோன்றும். அதே போல அவை மறையும்போதும் அதே அளவு காலம் தாழ்த்தி மறைவதைப் போலத்

தோற்றமளிக்கின்றன. பயண வழி நடத்து (navigation) நோக்கங்களுக்காக ஒரு விண்பொருளின் உயரத்தைப் பதிவு செய்கையில் இதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

பாலைவனங்களிலுள்ள கானல் நீரும், தொலைவிலுள்ள பொருளும் அருகில் உள்ளவை போலத் தோற்றமளித்தலுக்கு வளிமண்டலத்தில் ஏற்படும் ஒளி விலகலே காரணம். அங்கு ஒரு விரிந்த பரப்பில் செங்குத்தான திசையில் வளிமண்டலத்தின் அடர்த்தி ஒரு சீராக மாறுகிறது. வளிமண்டலத்தில் ஒளி பயணம் செய்யும் பாதையில் வளிம அடர்த்தியில் விரைவான, சிறிய ஏற்ற இறக்கங்கள் ஏற்படுவதன் காரணமாகவே விண்மீன்கள் சிமிட்டுகின்றன. கோள வடிவ நீர்த்துளிகளில் சூரிய ஒளி, நிறப்பிரிகை, பன்மை எதிரொளிப்புகள், விலக்கம் ஆகியவற்றுக்கு ஆளாவதாலேயே வானவில்கள் உண்டாகின்றன.

பிற மின்காந்த அலைகள். ஒளியைத் தவிரப் பிற மின்காந்த அலைகளும் விலக்கமடைகின்றன. பெரும் அலை நீளமுள்ள கதிர்களுக்குப் பல பொருள்களின் விலகு எண், அவற்றின் மின்கடவா மாறிலியின் (dielectric constant) இருமடி மூலத்திற்குச் சமமாக உள்ளது. பொதுவாக உட்கவர் பட்டைகளின் அருகில் ஏற்படும் முரணிய நிறப்பிரிகைப் (anomalous dispersion) பகுதிகளைத் தவிரப் பிறவற்றில் $dn/d\lambda$ எதிரினமாக உள்ளது.

ஓர் உட்கவர் பட்டையின் குறைந்த அலைநீளப் பக்கத்தில் n ஒன்றைவிடக் குறைவாயிருக்க முடியும். விலகு எண்ணை வரையறுப்பதில் அலையின் குழுத் திசை வேகம் (group velocity) தொடர்புபடாமல் அதன் கட்டத் திசை வேகமே (phase velocity) தொடர்புபடுகிறது. எனவே வெற்றிடத்தில் உள்ள ஒளியின் திசைவேகத்தைவிட மிகுதியான திசைவேகத்தில் ஆற்றல் பரவ முடியாது என்னும் சார்பியல்விதி மீறப்படவில்லை. அதிர்வெண்கள் மிகுதியாயிருக்கும் போது அனைத்துப் பொருள்களுக்கும் விலகு எண் (1) ஒன்றைவிடச் சற்றுக் குறைவாகவே உள்ளது.

புவி வளி மண்டலத்தில் பார்வைக் கோட்டுக்கு அப்பால் ரேடியோ அலைகள் பரவுவதற்கு விலகல் உதவுகிறது. ஏறத்தாழ அலை புகாத்தன்மை கொண்ட பொருள்களுடன் மின்காந்த அலைகள் செய்யும் இடைவினை பல சமயங்களில் ஒரு கூட்டு விலகல் எண்ணின் அடிப்படையில் விளக்கப்படுகின்றது. இந்த அளவின் மெய்ப்பகுதி பொருளின் உள்ளே நுழையும் சிறிய அளவு ஒளிக்கு வழக்கமான பொருளுடையதாகவும், கற்பனைப் பகுதி உட்கவரப்படும் ஒளியின் அளவைக் குறிப்பிடுவதாகவும் அமையும்.

ஒலி அலைகள். ஒரு வளிமத்தில் ஒலி பரவும் திசைவேகம், தனி வெப்பநிலையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. வளி மண்டலத்தில் செங்குத்தாக வெப்பநிலை மாறுவதன் காரணமாக ஒலி விலகல் மேம்பட்டுக் காணப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் ஒரு பரந்த கிடைத்தளத்தில் வெப்பநிலை சீராக இருந்தால்தான் பெரிய அளவில் ஒலி விலகல் ஏற்படும். உயரம் மிகும்போது வெப்பநிலை குறைந்தால் ஏறக்குறைய கிடைத்தளத்தில் பயணம் செய்யும் ஒலி அலைகள் மேல்நோக்கி விலக்கம் அடையும். திறந்த வெளியில் உண்டாகும் ஒலி பெருந்தொலைவில் கேட்கப்படாததற்கு இதுவே காரணம். ஆனால் நீர்ப் பரப்புகளின் மேல் வெயில் அடிப்பது போன்ற சூழ்நிலைகளில் வெப்பநிலை மேலே செல்லச் செல்ல உயருவதாயிருக்கலாம். அப்போது ஒலி அலைகள் கீழ் நோக்கி விலக்கம் அடையும். ஓர் அமைதியான நாளில் நீர்ப்பரப்புக்கு மேலாக ஒலி பெருந்தொலைவுகளுக்குப் பரவுவதற்கு இதுவே காரணம்.

காற்றடிக்கும்போது கிடைத்தள வெப்பநிலைப் படலங்கள் கலைக்கப்பட்டு ஒலி சிதறிவிடும். எதிரொலியுடன் விலகலும் சேர்ந்து நிகழும்போது பெரும் வெடிச் சத்தங்கள் அண்மையிலுள்ள சில இடங்களில் கேட்காமல் பெருந்தொலைவிலுள்ள இடங்களில் மட்டும் கேட்பதுண்டு. பெரும் உயரங்களில் வெப்பநிலைத் தலைகீழாக்கம் (temperature inversion) ஒலியைக் கீழ் நோக்கி விலக்க மடையச் செய்து சில பகுதிகளில் அது கேட்கும்படிச் செய்யும். அதன் பிறகு ஒலி தரையில் எதிரொலித்து மேலே சென்று, மீண்டும் கீழ்நோக்கி விலக்கமடைந்து வேறு சில பகுதிகளில் கேட்கும். இவ்விரு நிலைகளுக்கும் இடைப்பட்ட பகுதிகளில் ஒலி கேட்காது.

நிலநடுக்க அலைகள் (*Seismic waves*). ஒரு திண்மத்தில் மீள்திறன் அலைகளின் திசைவேகம், அதன் மீள்திறன் குணகத்தையும் அடர்த்தியையும் பொறுத்துள்ளது. திண்மநிலைத் தரையின் ஊடாகப் பரவும் அலைகள் பொருள் மாறுவதாலோ அடர்த்தி மாறுவதாலோ விலக்கமடைகின்றன. உலகளாவிய அளவில் நில நடுக்க அலைகள் பரவுவதை ஆய்வு செய்ததால் புவியின் அடர்த்திப் பரவீட்டைப் பற்றிய பல முடிவுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அலைக்ள் புவியின் உள்ளகத்தின் (core) மேற்பரப்பில் முழு அக எதிரொலிப்பு அடையக்கூடும். புவி நடுவில் ஓர் அடர்வு மிக்க உள்ளகம் இருப்பதைப் பற்றிய கருதுகோள் இத்தகைய நிகழ்வுகளின் அடிப்படையிலேயே எழுந்தது.

தரைக்கடியில் வெடிகளை வெடித்து உண்டாக்கும் இறுக்க அலைகளின் எதிரொலிப்பும், விலக்கமும் எண்ணெய், எரிவளி மற்றும் கனிவளத் தேட்டத்தில் உதவுகின்றன. சுற்றியுள்ள பாறைகளுக்கும் இத்தகைய கனிவளப் படிவுகளுக்கும் இடையில் அடர்த்தி, மீள்திறன் குணகங்கள் ஆகியவற்றில் பெரும் வேறுபாடுகள் இருக்கும்.

நீர் அலைகள். ஆழமற்ற நீரில் நீர் அலைகளின் திசைவேகம் ஆழத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். ஆழமான நீர்ப்பகுதியிலிருந்து வரும் அலைகள் ஆழமற்ற பகுதியில் நுழையும்போது அவற்றின் வேகம் குறைகிறது. ஓர் அலைத்தொடர் கரையை நோக்கிச் சாய்ந்த திசையில் வரும்போது விலக்கத்தின் காரணமாகக் கரைக்குச், செங்குத்தாகி விடும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. M. Born. and E. Wolf, *Principle of Optics*, Pergamon, London, 1975.

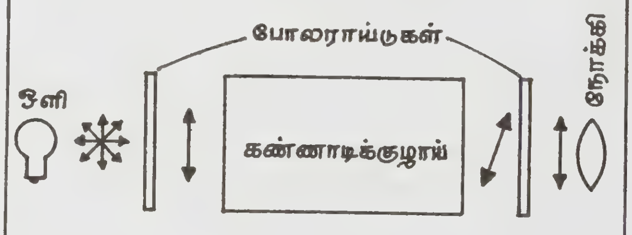
ஒளி வினை

ஒரு தள அதிர்வொளி (plane polarised light) ஒரே வேகமுடைய வலம் ஒன்றும் இடம் ஒன்றுமாகச் சுழலக்கூடிய இரு ஒளிக்கதிர்களாகப் பிரிவடையும். இவ்விரு ஒளிக்கதிர்களும் ஒரே வேகத்தில் பொருளின் வழியே ஊடுருவி வெளியேறும்போது ஒருதள அதிர்வொளியாகச் சுழற்சிக்கு உட்படாமல் வெளியேறு கின்றன. ஆனால் இடப்புறமாகச் சுழலும் ஒளிக் கதிரின் வேகம் ஏதோ ஒரு காரணத்தினால் குறைய நேர்ந்தால் வெளிப்படும் தள அதிர்வொளி வலப் புறமாகத் திருப்பப்பட்டிருக்கும். இதேபோன்று வலமாகச் சுழலும் ஒளிக்கதிரின் வேகம் குறைந்தால் வெளிப்படும் ஒருதள அதிர்வொளி இடப்புறமாகத் திருப்பப்பட்டிருக்கும். காண்க, ஒளியியற் சுழல் வினை.

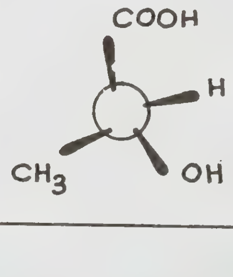
படிகக்கல், பொட்டாசியம் குளோரேட் போன்ற பொருள்கள் படிக நிலையில் ஒளிவினை நிகழ்த்து கின்றன. இவை இரு படிக அமைப்புகளில் உள்ளன. ஒரு வகை ஒளியை வலமாகவும், மற்றது ஒளியை இடமாகவும் திருப்பும் இயல்புடையன. இப்பொருள் கள் உருகிய நிலையிலோ, கரைசலிலோ ஒளிவினை நிகழ்த்துவதில்லை. எனவே இப்பொருள்களின் ஒளி வினை இவற்றின் படிக அமைப்பைப் பொறுத்தே உள்ளது. 1849 இல் லூயி பாஸ்ச்சர் நடத்திய ஆய்வுகள் மூலக்கூறுகளின் முப்பரிமாண அமைப்புகள் தொடர்பான முப்பரிமாண வேதியியலுக்கு (stereo-chemistry) அடித்தளமாக அமைந்தன. படிகவியலில் பட்டறிவு பெறும் எண்ணத்தோடு டார்ட்டாரிக் அமிலத்தின் சோடியம் அமோனிய உப்பை ஆராய்ந்த பாஸ்ச்சர், இந்த உப்பின் படிகங்கள் இருவேறு வடிவங்களாக உள்ளதையும், இப்படிகங்களில் ஒன்று மற்றதன் ஆடிப் பிம்பமாக உள்ளதையும் கண்டார்.

வலமும், இடமும் சரிந்த இவ்விரு வகைப் படி கங்களையும் உருப்பெருக்கி வழியே கண்டு பிரித் தெடுத்த பாஸ்ச்சர், கரைசலில் ஒருவகைப் படிகங்கள் ஒளியை வலப்பக்கமாகவும், மற்றவை ஒளியை இடப் பக்கமாகவும் சுழற்றுவதைக் கண்டார். இப்படிகங் களின் ஒப்புமைச் சுழற்சி எதிரெதிர்த் திசைகளில் இருந்தாலும் சுழற்சியின் அளவுகள் ஒன்றாக இருந்தன. இப்படிகங்கள் கரைசலில் ஒளிவினை காட்டியதால் ஒளிவினைக்கு மூலக்கூறுகளே காரண மாகின்றன எனப் பாஸ்ச்சர் குறிப்பிட்டார். இந்த அடிப்படையில் படிகங்கள் போன்றே இவ்விரு வகை மூலக்கூறுகளும் ஒன்று மற்றதன் ஆடிப் பிம்ப (mirror image) வடிவிலிருக்கும். இவை ஒளிசார் மாற்றியங்கள் (enantiomers) எனப்படும். இவை ஏனைய பண்புகளில் ஒன்றை ஒன்று ஒத்துள்ளன வாயினும் தள அதிர்வொளியை எதிரெதிர்த்திசை களில் திருப்புகின்றன. எனவே இவை மாற்றியங்கள் எனவும் கூறப்படும்.

கார்பன் அணுவின் பிணைப்புப் பற்றிய வாண்ட் ஹாப் லேபெல் ஆகியோர் கருத்துகளின் அடிப் படையில் ஒளியியல் மாற்றியத்தை விளக்கவியலும். ஒரு கார்பன் அணுவின் நான்கு பிணைப்புகளும் ஒரு நான்முகியின் மையத்திலிருந்து நான்கு மூலை களையும் நோக்கி நீட்டப்பட்டுள்ளன. இப்பிணைப்பு களில் நான்கு வேறுபட்ட தொகுதிகளிருப்பின் அம் மூலக்கூறு மூன்று மற்றதன் ஆடிப் பிம்பமாக இரு அமைப்புகளில்இருக்க முடியும். கார்பன் அணுவுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள நான்கு தொகுதிகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையிலிருக்கும்போது மூலக்கூறு ஓர் அமைப்பையும் (configuration), தொகுதிகள் வரிசை



பொலாரி மீட்டர்



லாக்டிக் அமிலம் (சமச்சீரில்லா மூலக்கூறு)

மாறும்போது வேறோர் அமைப்பையும் பெறுகின்றன. இவ்விரு கட்டமைப்புகளுமே மூலக்கூறுகளின் ஆடிப் பிம்ப வடிவங்களாக அமைகின்றன.இத்தகைய ஆடிப் பிம்ப வடிவங்கள் ஒன்றன் மீதொன்று பொருந்தாத வகையிலிருக்கும். இவ்வொன்றன் மேலொன்று கவ்விப் பொருந்தாத்தன்மைக்கு (nonsuper imposability) மூலக்கூறுகளின் மாறுபட்ட அமைப்புகளே காரணமாகின்றன. கட்டமைப்பில் அதாவது மூலக்கூறுகளிலுள்ள தொகுதிகளின் இடச்சார்பமைப்பில் உள்ள வேறுபாட்டின் காரணமாகத் தோன்றும் மாற்றியம் (isomer) முப்பரிமாணமாற்றியம் (stereoisomerism) என்பதால் ஒளியியல் மாற்றியமும் ஒரு முப்பரிமாண மாற்றியமே.

ஒரு மூலக்கூறின் வடிவம் அதன் ஆடிப் பிம்ப வடிவத்துடன் கவ்விப் பொருத்தம் கொள்ளாதிருக்க அம்மூலக்கூறின் சீரிலாமை (chirality) காரணமாகிறது. இதுவே மூலக்கூறுகள் ஆடிப் பிம்ப மாற்றியங்களாயிருக்கத் தேவையான நிபந்தனையாகும். சமச்சீரில்லா மூலக்கூறுகள் (chiral molecules) சீர்மைப் பண்புகளைப் (elements of symmetry) பெற்றிருப்பதில்லை. நான்கு வேறுபட்ட தொகுதிகளுடன் இணைந்துள்ள ஒருகார்பன் சேர்ம மூலக்கூறு சீர்மைப் பண்பு எதுவும் பெற்றிருக்கவில்லையாதலால், இம்மூலக்கூறுகள் சீரில்லா மூலக்கூறு எனவும், நான்கு வேறுபட்ட தொகுதிகளுடன் இணைந்துள்ள கார்பன் அணு சீரில்லா மையம் எனவும் கூறப்படும்.

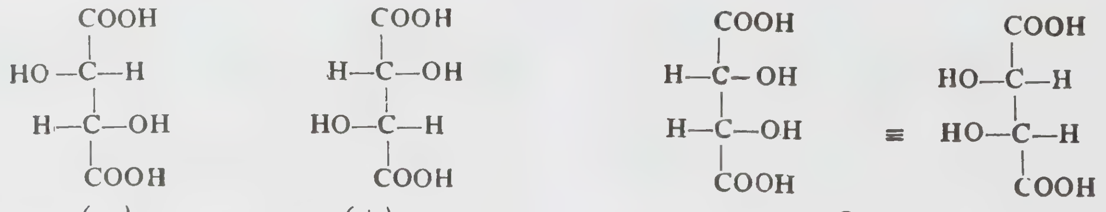
இதைப்போலவே சீரிலாக்கார்பன் அணுப் பெற்று ஒளிவினை நிகழ்த்தும் சேர்மங்கள் எண்ணற்றவையாக விளங்குகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக மாலிக் அமிலம், மாண்டலிக் அமிலம் போன்ற ஹைட்ராக்சி அமிலங்களையும், 2-பியூட்டனால் மீத்தைல் ஃபீனைல்-கார்பினால் போன்ற கார்பினால்களையும், அலனின் டிரிப்ட்டஃபேன் போன்ற அமினோ அமிலங்களையும் 2- புரோமா- ஆக்ட்டேன் போன்ற ஹாலைடுகளையும் குறிப்பிடலாம். சமச்சீரில்லாக் கார்பன் அணுவுடன் இணைந்துள்ள தொகுதிகள் யாவும் ஃபுளூரோ குளோரோ புரோமோமீத்தேனில் உள்ளது போன்று அணுக்களேயாயினும் அல்லது சமச்சீரில்லாக் கரியணுவில் இணைந்துள்ள நான்கு தொகுதிகளில் இரண்டு ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகளாயினும் சேர்மம் ஒளிவினை நிகழ்த்தும்.

$$C_6H_5 - \overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle D}{C}} - CH_3 \qquad [\alpha]_D^{25} = -0.30^\circ$$

ஒளிவினைக்குச் சமச்சீரிலாமை காரணமாயினும், சமச்சீரில்லா மூலக்கூறுகள் எப்போதும் ஒளிவினை நிகழ்த்தவேண்டுமென்பதில்லை. ஒளியியல் மாற்றியங்கள் சம அளவில் கலந்துள்ள கலவை. அதிலுள்ள மூலக்கூறுகள் யாவும் சமசீரில்லா மூலக்கூறுகளாயிருப்பினும் ஒளிவினை நிகழ்த்துவதில்லை. ஒரு மாற்றியம் ஒளியை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு வலப்பக்கமாகத் திருப்பும்போது, இன்னொரு மாற்றியம் ஒளியை அதே அளவுக்கு இடப்பக்கமாகத் திருப்புகிறது. இதனால், முடிவில் ஒளி எத்திசைக்கும் திருப்பப்படாமல் சமமாக்கப்பட்டு வெளியேறுகின்றது. இதைப் புறச்சம விளைவு (external compensation) எனக் குறிப்பிடலாம். இத்தகைய ஒளிவினை நிகழ்த்தாத ஒளியில் மாற்றியங்களின் கலவை இடவலம்புரி நடுநிலைக் கலவை (racemic mixture) அல்லது அழிமாய்க் கலவை எனப்படும்.

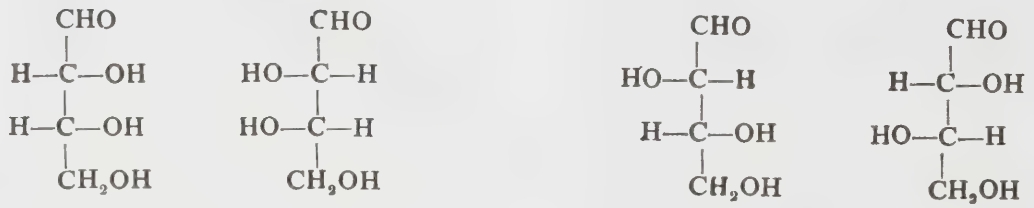
ஒரே ஒரு சமச்சீரில்லா மையத்தைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறு ஆடிப் பிம்ப வடிவங்களாயிருக்க, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சீரிலா மையங்களைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகள் சீருடைய மூலக்கூறுகளாயிருக்கவும் வாய்ப்புண்டு. காட்டாக, இரண்டு ஒரே மாதிரியான சமச்சீரில்லாக் கார்பன் அணுக்களைப் பெற்றுள்ள டார்டாரிக் அமில மூலக்கூறுகள் ஒன்றின்மேலொன்று கவிந்து பொருந்தாத இரு ஆடிப் பிம்ப வடிவங்களிலும், ஒரு சீருடைய வடிவத்திலும் ஆக மூன்று மாற்றிய வடிவங்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. சீருடைய வடிவம் பெற்றுள்ள டார்டாரிக் அமிலம் அதன் ஆடிப் பிம்ப வடிவத்துடன் பொருந்தும்; ஒளிவினை நிகழ்த்துவதில்லை. இவ்வாறு சமச்சீரில்லா மையங்களைப் பெற்றிருந்தும் ஒன்றின்மேலொன்று கவிந்து பொருந்தக் கூடிய ஆடிப்பிம்ப வடிவங்களைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகள் இடையுறு (meso) மூலக்கூறுகள் எனப்படும். இடையுறு மூலக்கூறுகளில் சீர்மைத் தளம் காணப்படும். சீர்மைத் தளம் இம்மூலக்கூறை இரு சமபகுதிகளாகப் பிரிக்கும். இப்பகுதிகளில் ஒன்று மற்றதன் ஆடிப் பிம்பமாக அமையும். இம்மூலகூறின் ஒரு பகுதி ஒளியை வலப்பக்கம் சுழற்றும்போதும் மற்றது ஒளியை இடப்பக்கமாகச் சுழற்றுவதாலும் சமமடைந்து முடிவில் ஒளிவினை நிகழாதிருக்கும். இதை அகச்சமன விளைவு (internal compensation)எனக் குறிப்பிடலாம்.

கார்போஹைட்ரேட்டு, பெப்டைடு, ஸ்டிராய்டு, டெர்பீன், அல்க்கலாய்டு போன்ற இயற்கையில் காணப்படும் சேர்மங்கள் பலவற்றில், ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சமச்சீரிலா மையங்கள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு சீரிலா மையமும் இரு அமைப்புகளைப் பெறவியலுமாதலால் ஒரு மூலக்கூறிலுள்ள சீரிலா மையங்களில் எண்ணிக்கைக்கேற்ப மாற்றியங்களின் எண்ணிக்கை அமையும். பொதுவாக 'n' சீரிலா மையங்களைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறு 2^n மாற்றியங்களைப் பெற்றிருக்கும். இவ்வாறு இரு சீரிலா மையங்களுடைய மூலக்கூறு நான்கு (2^2) மாற்றியங்களைப் பெற்றிருக்கும். இதில் ஒன்றுக்கொன்று ஆடிப் பிம்பமாகவுள்ள ஈரிணைகள் (pairs) அடங்கும்.



(—) (+) (இடையுறு)

டார்டாரிக் அமிலங்கள்

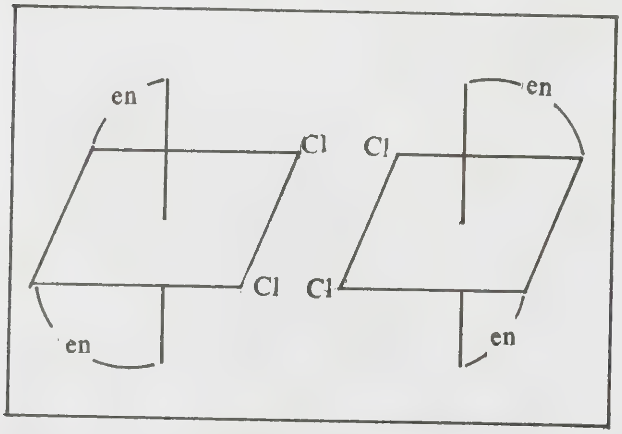


(—) (+) (—) (+)

(எரித்ரோஸ்) (திரியோஸ்)

இத்தகைய முப்பரிமாண மாற்றியங்கள் ஒளியியல் மாற்றியங்களாயினும் ஆடிப்பிம்பத்தொடர்பில்லா மாற்றியங்கள், குறுக்குச் சார்பு மாற்றியங்கள் (dias-(tereo isomers) எனப்படும். சான்றாக எரித்ரோஸிம், தியோஸிம் குறுக்குச்சார்பு மாற்றியங் களாகும்.

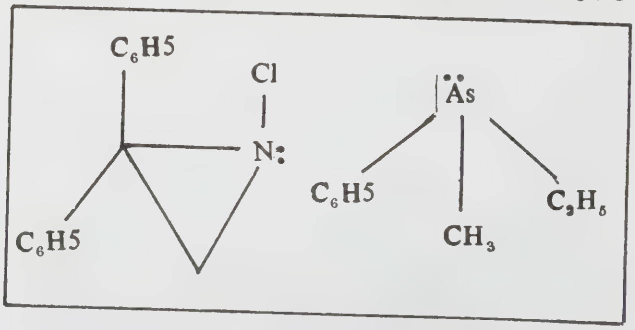
கார்பன் போன்றே நான்கு வேறுபட்ட தொகுதி களுடன் இணைந்து நான்முக வடிவடைய மூலக்கூறு களைத் தரும் எந்த அணுவும் சீரிலா மையமாக அமைந்து ஒளிவினைப் பொருள்களைத் தரும். சிலி கன், ஜெர்மானியம், நைட்ரஜன் போன்ற நான்முக வடிவில் சேர்மங்களைத் தரும் அணுக்களும், தாமிரம், பெரிலியம், துத்தநாகம் போன்ற நான்முக அமைப்பில் அணைவுச் சேர்மங்களைத் தரும் உலோக அணுக்களும், குரோமியம், கோபால்ட், ரேடியம்



$[Co(en)_2Cl_2]^+$ **அயனியின் ஒளியியல் மாற்றியங்கள்**

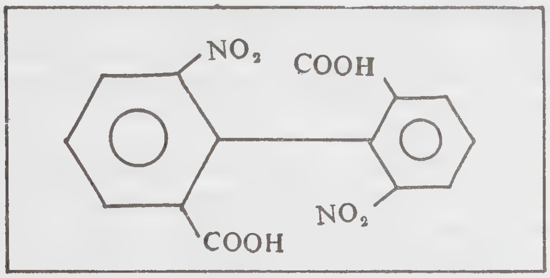
போன்ற எண்முக வடிவ அணைவுச் சேர்மங்களைத் தரும் உலோக அணுக்களும் இவ்வகையில் குறிப்பிடத் தக்கன. எண்முக வடிவுடைய அணைவு அயனிகள் அல்லது மூலக்கூறுகளில் இருமுனை ஈந்திணைவிகள் (bidentate ligands) தக்க முறையில் இணைந்து மூலக் கூறுகளுக்குச் சீரிலாமையை வழங்குகின்றன.

நைட்ரஜன், பாஸ்ஃபரஸ், ஆர்செனிக் போன்ற மூவிணை திறன் கொண்ட அணுக்களில் மூன்று வேறு பட்ட தொகுதிகள் இணைந்திருப்பின் அம்மூலக்கூறு சீரிலா மூலக்கூறாகவே இருக்கும். இத்தகைய அணுக் களில் காணப்படும் தனி இணை எலக்ட்ரான்கள் நான்காம் வேறுபட்ட தொகுதியாகக் கருதத்தக்க வையே. எனவே இவை போன்ற மூலக்கூறுகள் கொள்கையளவில் ஒளியினை நிகழ்த்தவேண்டும். ஆயினும் இத்தகைய ஒளிவினைப் பொருள்களைப் பிரித்தெடுக்கும் முயற்சிகள் அண்மைக்காலம் வரை தோல்வியே கண்டன. இதற்குக் காரணம் இத்தகைய மூலக்கூறுகளில் காணப்படும் குடை விளைவே (umberalla effect) ஆகும். பிரமிடு வடிவத்திலிருக்கும் மூலக்கூறின் உச்சி மிக மிக விரைவாக அமிழ்ந்து

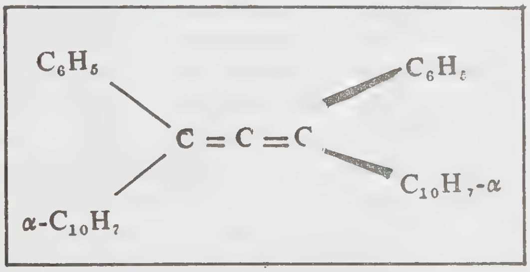


எழுகின்ற இவ்விளைவால் மூலக்கூறு இரு ஆடிப்பிம்ப வடிவங்களையும் பெற்று ஒளிவினை நிகழ்த்தாதிருக்கின்றது. குடை விளைவைத் தவிர்க்கும் அமைப்புடைய மூலக்கூறுகள் ஒளிவினை நிகழ்த்துகின்றன.

சீரிலா மையமில்லையாயினும் சில மூலக்கூறுகள் அமைப்பின் காரணமாகச் சீரிலா மூலக்கூறுகளாயுள்ளன. இதனால் இவை ஒளிவினை நிகழ்த்துகின்றன. ஆர்த்தோ (ortho) இடங்களில் பெரும் தொகுதிகளைக் கொண்டுள்ள பைஃபீனைல் சேர்மங்கள் முப்பரிமாணத் தடையின் காரணமாக ஒளியியல் மாற்றியங்களாயுள்ளன (படம் 6).

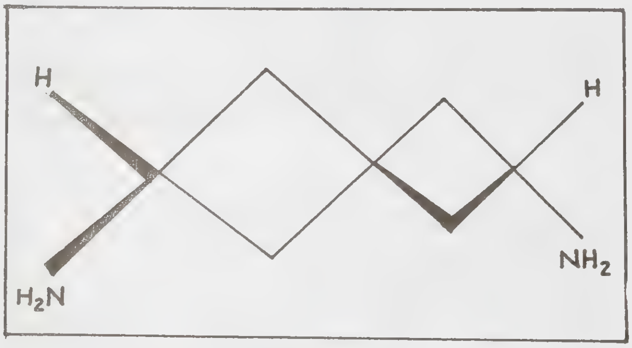


இதுபோன்ற முப்பரிமாணத் தடை காரணமாக பைநாப்தைல், பைபிரைல் சேர்மங்களிலும் ஒளியியல் மாற்றியங்கள் ஏற்படுகின்றன. இரு இரட்டைப் பிணைப்புகள் அடுத்தடுத்துள்ள அல்லீன் சேர்மங்களிலும் சுழற்சியின்மையின் காரணமாகச் சீரிலா மூலக்கூறுகள் அமைய வாய்ப்புண்டு. ஒரே கரியணுவில் (முதலும் மூன்றும்) ஒத்த இரு தொகுதிகள் இல்லையாயின் மூலக்கூறு சீர்மையிழந்து ஒளியியல் மாற்றியங்களாயிருக்க நேரிடும்.



ஒரே கார்பன் அணுவைப் பொதுவாகப் பெற்ற இரு வளைய மூலக்கூறுகளில் இரு வளையங்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான தளங்களில் அமைந்துள்ளன. இவை அல்லீன்களிலுள்ள இரு இரட்டைப் பிணைப்புகளைப் போன்றிருப்பதால் வளையங்களில் இணைக்கப்படும் பதிலிகளைப் (substituents) பொறுத்து மூலக்கூறு ஒளியியல் மாற்றியங்களைத் தரும்.

ஒளிவினையின் அடிப்படையில் மூலக்கூறுகளின் அமைப்புகளையும், அமைப்பு வசங்களையும் (conformations), வினைநிகழ் முறையையும் ஆய்ந்தறிய முடியும். ஒளிவினை தொடர்பாக வாண்ட் ஹாப்கின் ஒளியியல் மேலமைப்பு விதியும், ஃபிராய்ட்ன்பர்கின் இடமாற்ற விதியும் இதற்குப் பயன்படுகின்றன. ஒளிவினை மூலக்கூறில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சீரிலாக் கார்பன் அணுக்களிருப்பின், அம்மூலக்கூறின் கூடுதல் மூலக்கூறு சுழற்சிக்கு அக்கார்பன் அணுக்கள் தனித்தனியே உதவுகின்றன என்பதே ஒளியியல் மேலமைப்பு விதியின் அடிப்படையாகும். ஒரே மாதிரியான உள்ளமைப்புகளைக் கொண்ட இரு சீரிலா மூலக்கூறுகள் ஒரே மாதிரியான வேதி மாற்றத்துக்கு உட்படின், இரு சீரிலா மூலக்கூறுகளும் ஒரே மாதிரியான கட்டமைப்பைப் பெற்றுள்ளன எனக் கருதலாம். இதுவே இடமாற்ற விதியாகும்.

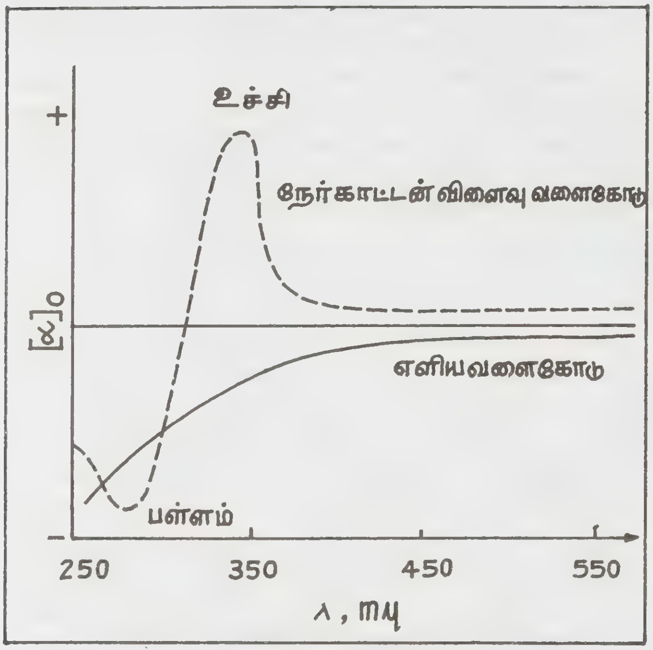


ஸ்பைரோ (33) ஹெப்ட்டேன் சேர்மம்

சீரிலாச் சேர்மங்களின் ஊடே செல்லும்போது. ஒருதள அதிர்வொளியின் கூறுகளாகிய வல இடச் சுழல்முனைவொளிகளின் ஒளிவிலகல் எண் மாறுபட்டிருப்பதால் அவற்றின் திசைவேகங்களும் மாறுபட்டிருக்கின்றன. இதுபோன்றே சுழல்முனைவொளிகளின் உறிஞ்சல் குணகங்களும் (absorption coefficients) சீரிலாச் சேர்மங்களில் மாறுபட்டுள்ளன. இதனால் ஒருதள அதிர்வொளியின் சுழற்சி, வட்ட வடிவிலிருந்து நீள்வட்ட வடிவம் பெறும். இது வட்ட ஈரொளிப் பிறழ்வு (circular dichroism) எனப்படும். ஊடகத்தின் வழியே சுழல்முனைவொளிகளின் மாறுபட்ட வேகங்களும், வட்ட ஈரொளிப் பிறழ்வும் இணைந்த வினையைக் காட்டன் விளைவு என்பர்.

ஒளிவினையை ஒரே ஓர் அலைநீள ஒளியில் அளவிடுவதற்குப் பதிலாகத் தொடர்ச்சியான பல அலைநீளமுள்ள ஒளிகளில் அளவிட்டுக் காட்டன் விளைவைக் கண்டறியலாம். ஒளியின் அலைநீளத்துக்கேற்ப பொருளின் ஒளிச்சுழற்சியளவு மாறுபடுவதை ஒளிச்சுழற்சிச் சிதறல் (optical rotatory dispersion) என்பர். ஒளிச் சுழற்சியளவுகளை ஒளி அலைநீளங்களுக்கெதிராக வரைபடம் தீட்டிக் காட்டன் விளைவுக்குட்படும் சேர்மங்களின் நேர் அல்லது எதிர்க் காட்டன் விளைவுக்குட்படும் சேர்மங்களின் நேர் அல்லது எதிர்க் காட்டன் விளைவு வளைகோடுகளைப் பெறலாம். இக்கோடுகள் உச்சியையும்

பள்ளத்தையும் பெற்றிருக்க, குறிப்பிட்ட அலை வரிசையில் காட்டன் விளைவுக்குட்படாச் சேர்மங்கள் எளிய வளைகோடுகளைத் (plain curves) தரு கின்றன.



ஒளிச்சுழற்சிச் சிதறல் வளைகோடுகள்

இயற்கையில் ஒளிவினையிலாச் சேர்மங்கள் காந் தப்புலத்தின் தூண்டுதலால் ஒளிவினை நிகழ்த்தக் கூடும். இது ஃபாரடே விளைவு எனப்படும். இவ்விளை வைப் பயன்படுத்திச் சேர்மங்களின் காந்த ஒளிச் சுழற்சிச் சிதறலையும் அதன்மூலம் மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்புகளையும் அறிய இயலும்.

- தி. இளம்பூரணன்

நூலோதி J. March, *Advanced Organic Chemistry*, Mc-Graw-Hill International Book, Co., Tokyo, 1977; I.L. Finar, *Organic Chemistry*, fifth Edition Vol-2, ELBS, London, 1980; Morrison and Boyd, *Organic Chemistry*, Fourth Edition, Allyn and Bacon Inc., 1983.

ஒளி வேதியியல்

ஒளியின் ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி நிகழும் வேதி வினைகளைக் கூறுவது ஒளிவேதியியல் (photo-chemistry) ஆகும். 2000 A-10,000 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்கதிர்கள் வேதிவினைகளை நிகழ்த்தும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. ஒளிவேதிவினைகளின் செயற்பாடுகள் குவாண்ட்டம் இயங்கியல் கருத்துக் களைச் சார்ந்துள்ளன. அவ்வகையில் ஆற்றல் என்பது சிறு சிறு நுண்கட்டுகளாகப் பொதிந்துள்ளது. அத்தகைய ஆற்றல் நுண்கட்டுக் குவாண்ட்டம் எனப்படும். ஆற்றல் நுண்கட்டைத் தன்னுள் கொண்டிருக்கும் நுண்துணுக்கு ஃபோட்டான் எனப் படும். ஃபோட்டான்களின் தொகுப்பு கதிர்க் கற்றைகளாக அமைவதால் அவ்வ அலைகளாக இயங்குகின்றன. ஒவ்வொரு ஃபோட்டானின் ஆற்றலும் அது அமைந்திருக்கும் ஒளிக்கற்றையின் அதிர்வு எண்ணைப் பொருத்திருக்கும். இது $E=h\nu$ என்னும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதில் ν என்பது அதிர்வு எண்; h என்பது ப்ளாங்க் மாறிலி.

ஆய்வுக்கூடத்தில் பெரும்பாலான வேதிவினைகள் தங்களுக்கான வினை ஆற்றலை வெப்ப உருவில் பெறுகின்றன. இவை வெப்ப வழி வினைகள் எனப் படும்; இருளிலும் இவை நிகழும் என்பதால் இருள் வழி வினைகள் என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இவற்றை ஒளி வேதிவினைகளுடன் ஒப்பு நோக்கலாம்.

ஒளி ஏழு நிறக்கதிர்களின் தொகுப்பாகும். ஒவ்வொரு நிறக் கதிரும் தனித்தனியான அலைநீளம் கொண்டதாகும். எடுத்துக்காட்டாக, பச்சை நிறக் கதிரின் அலைநீளம் 5000 A. ஆற்றல்சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடுகையில் பச்சை நிறக்கதிரில் அமைந்த ஃபோட்டானின் ஆற்றல் ஏறத்தாழ 2.5ev ஆகிறது. கட்புலன் ஒளியை அடுத்த புற-ஊதாக் கதிர்களின் அலைநீளம் 2500 Å. இக் கதிரின் அதிர்வெண் முன்னதைவிட இரு மடங்கு என்பதால் இதில் அடங்கியுள்ள ஃபோட்டானின் ஆற்றல் 5 eV ஆகும். குவாண்ட்டம் இயல் கணக் கீட்டின்படி, மிகக் குறைந்த வலிவுள்ள வேதிப் பிணைப்பை முறிக்க 1 eV ஆற்றலும், மிக உச்ச வலிவுள்ள வேதிப்பிணைப்பை முறிக்க 10 eV ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றன. பெரும்பாலான மூலக் கூறுகளிலுள்ள அணுக்களிடையே உள்ள பிணைப்பு களை முறிக்கப் புற-ஊதாக் கதிர்வீச்சால் முடியும். சாதாரண நிலையிலுள்ள ஆய்வுக்கூட வெப்ப நிலையில் இரு மூலக்கூறுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று 0.05 eV ஆற்றல் மட்டுமே கொண்டு மோதிக் கொள்கின்றன. இச்சிற்றளவுள்ள ஆற்றலைக் கொண்டு வேதிப்பிணைப்புகள் முறியவோ, அதன் விளைவாக வேதிவினை நிகழவோ வாய்ப்பில்லை.

மூலக்கூறுகள் தங்களுக்குள் மோதிக்கொள்வதால் உண்டாகும் ஆற்றலைக் கொண்டு வெப்பவழி வேதிவினை நிகழ்கிறது. வெப்பநிலையை உயர்த்து வதால் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே மோதல் வேகம்

உயர்ந்து அதன் விளைவாக வேதிவினை விரைவு படுகிறது. எனவே வெப்பநிலையைச் சார்ந்தே வெப்பவழி வினைகளின் வினைவேகம் அமையும். இவ்வினைகளின்போது இயல்பாற்றல் குறைகிறது. இதற்கு மாறாக, ஒளிவேதிவினைகளின்போது இயல் பாற்றல் உயர்கிறது. வெப்பவழி முறையில் நிகழ்த்த முடியாத சூழ்நிலைகளில் ஒளிவேதி முறையில் வேதிவினைகளை நிகழ்த்தலாம்.

மூலக்கூறினுள் அமைந்த வெவ்வேறான அணுக் கள் தங்களிடையே வெவ்வேறு அளவுள்ள பிணைப்பு வலிவைப் பெற்றுள்ளன. குறிப்பிட்ட அளவுள்ள ஒளி ஆற்றலை உட்செலுத்தினால் அதை ஏற்று மூலக்கூறின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி மட்டும் சிதைவுறுகிறது. எனவே மூலக்கூறு முழுவதையும் சிதைத்துவிடாமல் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டுமே மாற்றியமைக்க ஒளிவேதி முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. இதற்கு மாறாக, வெப்ப வழிப்படி வினை நிகழ்த்தினால் ஒட்டு மொத்த மாக மூலக்கூறு முழுதுமே சிதைந்துவிடும்.

ஹைட்ரஜனுக்கும் குளோரினுக்கும் இடையே உள்ள வேதிவினையே ஒளிவேதியிலின்படி எடுத்தாளப் பட்ட முதல் வினையாகக் கருதப்படுகிறது. இது 1801 ஆம் ஆண்டிலேயே நிகழ்த்தப்பட்டாலும் இவ் வினை தொடர்பான ஆராய்ச்சிகள் பின்னர் பல கட்டங்களில் இடம் பெற்றன. ஹைட்ரஜன் வளிமமும் குளோரின் வளிமமும் கலவையாக ஒரு குடுவையில் அடைக்கப்பட்டு இருளில் வைக்கப்பட்டால் நீண்ட நாள்களானாலும் எம்மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால்அதே வளிமக் கலவை மீது ஊதாக்கதிரையோ, புற-ஊதாக் கதிரையோ செலுத்தினால் வெடிச்சத் தத்துடன் மாற்றம் நிகழ்ந்து ஹைட்ரஜன் குளோரைடு சேர்மம் உடனுக்குடன் உருவாகி விடுகிறது. வான் குரோத்தஸ் 1817 ஆம் ஆண்டிலும், டிரேப்பர் 1841 ஆம் ஆண்டிலும் இவ்வினையைத் தனித்தனியே நிகழ்த்தி ஆய்ந்து ஓர் உண்மையைப் புலப்படுத்தினர்.

பயன்படுத்தப்பட்ட ஒளிக்கதிர்கள் முழுதுமாக அல்லாமல், மூலக்கூறுகளால் உள்ளேற்கப்பட்ட ஒளிக் கதிர்களால் மட்டுமே வேதிவினையை நிகழ்த்த முடியும் என்ற அக்கருத்து அவர்களுடைய பெயரால் குரோத்தஸ்-டிரேப்பர் விதி எனப்படுகிறது. வேதி வினையின் பொருட்டு மூலக்கூறினுள் செல்லும் ஒளி முழுதுமாகப் பயன்படுத்தப்படாத நிலையில் எஞ்சிய பல ஒளிப்பிரிவுகள் கதிர்வீச்சாக மூலக்கூறினின்றும் வெளியேறுகின்றன. சில ஒளிப் பிரிவுகள் வெப்ப ஆற்றலாக மாறி வெளியேறுகின்றன. ஒளிவேதி வினை தொடர்பான மற்றொரு முக்கியமான விதியைத் தொகுத்தோர் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்ட்டீனும், ஸ்டார்க் என்பாரும் ஆவர்.

ஸ்டார்க் - ஐன்ஸ்ட்டீன் விதியின்படி, ஒளிவேதி வினையில் ஈடுபடும் ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் ஒரு திட்டமான ஒளியாற்றலைப் பயன்படுத்திக் கொள் கிறது. ஒரு போட்டானின் ஆற்றலான hν எர்க் அளவை ஒரு மூலக்கூறு பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. ஒரு மோல் (கிராம் - மூலக்கூறு) அளவான விளை பொருள் Nhν எர்க் ஆற்றலை உள்ளேற்ற விளை பொருளாக மாறுகிறது. அவாகாட்ரோ எண்ணான N என்பது ஒரு மோல் அளவில் அடங்கியுள்ள மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையாகும். ஒளியாற்றல் கணக் கீட்டின்படி Nhν என்பது ஓர் ஐன்ஸ்ட்டீன் என்னும் அலகாகக் குறிக்கப்படுகிறது. வினையின்போது பயன் படும் ஒளிப்பிரிவின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அமையும் என்பதால் வெவ்வேறு நிறப்பிரிவுக்கு ஏற்ற வாறு ஐன்ஸ்ட்டீன் அலகு வெவ்வேறு அளவு கொண் டிருக்கும். இது எர்க் அல்லது கலோரி அல்லது எலெக்ட்ரான்-வோல்ட் அளவு முறைகளில் குறிக்கப் படுகிறது.

ஸ்டார்க் - ஐன்ஸ்ட்டீன் விதியின்படி, ஒரு குவாண்ட்டம் அளவான ஒளியாற்றலை உள்ளேற்று ஒரு மூலக்கூறு வினையுற்று விளைபொருளாக ஒரு மூலக்கூறைத் தரும். வினைத்திறனைக் குறிக்கும் இக் கணக்கீடு குவாண்ட்டம் விளைவுஎனப்படுகிறது. இதன் படி வினைத்திறனின் உச்ச அளவு ஒன்று என அமைய வேண்டும். ஆனால் சில வினைகளின் குவாண்ட்டம் விளைவு ஒன்றுக்குக் கூடுதலாகவும், சிலவற்றில் குறை வாகவும் இருக்கும். காட்டாக, குளோரினும் ஹைட் ரஜனும் அடங்கிய வளிமக் கலவை புற - ஊதாக் கதிர்வீச்சுக்கு ஆட்படுத்தப்பட்டபோது குவாண்ட்டம் விளைவு ஒரு மில்லியனை (பத்து லட்சம்) எட்டியது.

ஒரு குவாண்ட்டம் அளவான ஒளி ஆற்றலைப் பெற்றதால் வளிமக் கலவையிலிருந்து உச்ச அளவாக ஒரு மூலக்கூறு ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மட்டுமே கிடைத்திருக்க வேண்டும். மாறாக, ஒரு மில்லியன் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறுகளைப் பெறுவ தென்பது குவாண்ட்டம் விளைவுக் கணக்கீட்டுக்கு முரணாகும். இம்முரண்பாடு மாக்ஸ் போடென்ஸ்ட் டீன் வெளியிட்ட விளக்கத்திற்குப் பின் தெளி வாயிற்று. அவ்விளக்கத்தின்படி, ஒளியாற்றலை உள்ளேற்றதும் முதல் நிலை வினையாக மூலக்கூறு சிதைகிறது. இச்சிதைவால் அணுக்களோ, செயலாற் றல் மிக்க தனித்தியங்கு உறுப்புகளோ, அயனிகளோ. உருவாகலாம். முதல்நிலை வினையைத் தொடர்ந்து பல கிளை வினைகள் நிகழ்கின்றன. இவை இரண் டாம் நிலை வினைகள் (secondary process) அல்லது வழிநிலை வினைகள் எனப்படும். முதல்நிலை வினை யைக் கொண்டு கணக்கிட்டால் குவாண்ட்டம் விளைவு ஒன்று என்றும், வழிநிலை வினைகளையும் சேர்த்துக் கணக்கிட்டால் குவாண்டம் விளைவு ஒன்றினும் கூடுதலாகவோ குறைவாகவோ அமையும் என்றும் விளக்கலாம்.

குளோரின் - ஹைட்ரஜன் வளிமக் கலவை மீது புற - ஊதாக் கதிர் விழுந்ததும் குளோரின் மூலக்கூறு சிதைந்து குளோரின் அணுக்கள் உருவாகின்றன. கூடுதல் செயலாற்றல் பெற்று குளோரின் அணு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுடன் வினைபுரிந்து ஒரு ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக்கூறை உண்டாக்கு கிறது. இதன் மறுவிளைவாகத் தனித்துவிடப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணு குளோரின் மூலக்கூறுடன் வினைப் பட்டு மற்றொரு ஹைட்ரஜன் குளோரைடு மூலக் கூறை உருவாக்குகிறது. இப்போது மீண்டும் ஒரு குளோரின் அணு உருவாகி விடும். இவ்வாறு

$$Cl_2 \xrightarrow[\text{புற-ஊதா கதிர்வீச்சு}]{h\nu} Cl + Cl$$

$$Cl + H_2 \longrightarrow HCl + H$$

$$H + Cl_2 \longrightarrow HCl + Cl$$

அணுக்கள் உருவாக்கப்படுவதும், அவை ஹைட்ரஜன் குளோரைடை உருவாக்குவதும் தொடர்ந்து நடை பெறுகின்றன. இத்தொடர்வினை நிகழ்வதால்தான் குவாண்ட்டம் விளைவு குளோரின் - ஹைட்ரஜன் வினையின்போது ஒரு மில்லியனை எட்டுகிறது. வினைக் கலனான குடுவையின் சுவர்கள் மீது மோது வதன் காரணமாக ஆற்றலை இழந்து இரண்டு குளோரின் அணுக்கள் இணைந்து மூலக்கூறாக மாறு வது, இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் இணைந்து மூலக்கூறாக மாறுவது என்ற நிலை அடைந்ததும் தொடர்வினை செயலற்றுவிடுகிறது.

சாதாரணமாக மூலக்கூறு அதன் தாழ்மட்ட ஆற்றல் நிலையில் (ground state) உள்ளது. அப்போது அதில் அமைந்துள்ள எலெக்ட்ரான்களும் தாழ்மட்ட ஆற்றல் நிலையில் உள்ளன. அது அவற் றின் தாழ்மட்டக் குவாண்ட்டம் நிலையாகும். உட் புகும் அனைத்து ஒளியையும் எலெக்ட்ரான்களால் ஏற்க முடிவதில்லை; எலெக்ட்ரான்கள் ஒரே சீராக மேல்மட்ட நிலைக்கு உயர்ந்து செல்வதுமில்லை; அந்தந்த ஆற்றல் மட்ட நிலைகளுக்குரிய ஆற்றலை மட்டும் பெற்றுத் தாவித்தாவி உயர்கின்றன. இவ் வாறு தாவிச் செல்லும் ஆற்றல் மட்டங்கள் குவாண்ட் டம் மட்டங்கள் (quantum levels) எனப்படும் எலெக்ட்ரானின் இத்தகைய குவாண்ட்டத் தாவல்கள் உள்ளேற்றப்படும் ஒளியாற்றலின் குவாண்ட அள வைப் பொறுத்தமையும்.

உரிய குவாண்ட்டம் ஆற்றலை உள்ளேற்றவுடன் ஒளிவேதிவினை தொடங்கிவிடுகிறது. ஏற்கப்பட்ட ஆற்றல் முழுதுமோ, அதன் பெரும்பகுதியோ ஓர் எலெக்ட்ரானை அதன் கிளர்வுநிலைக்கு உந்தப் பயன்படுகிறது. இதன் விளைவாக, அந்த எலெக்ட் ரான் அமைந்துள்ள அணு அல்லது மூலக்கூறு கிளர்வு நிலைக்கு உந்தப்படுகிறது. இப்போதுதான் முதல் நிலை வேதிவினை நடைபெறுகிறது.

எலெக்ட்ரான் கிளர்வுற்று, அதன் பயனாக மூலக்கூறு கிளர்வு நிலையை எட்டிய பின்னர் பல நிகழ்வுகள் அமைகின்றன. சிதையாமலோ, வேதி வினைக்கு ஆட்படாமலோ மூலக்கூறு தன்னுடைய தொடக்க நிலையான தாழ்மட்ட நிலைக்குத் திரும்ப நேரலாம். அது இரு முறைகளில் நடைபெறுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட குவாண்ட்டம் அளவான ஒளியை வெளியேற்றவிட்டு அது தன் தாழ்மட்ட நிலைக்குத் திரும்பலாம் அல்லது கிளர்வுநிலைக்குச் செல்வதற் காக ஏற்றுக் கொண்ட அனைத்து ஆற்றலையும் வெளியேற்றிவிட்டுத் திரும்பலாம். கிளர்வுற்ற மூலக் கூறுகள் ஒளியை வெளியேற்றிவிட்டு முன்பிருந்த நிலைக்குத் திரும்புவதே ஒளிர்வு எனப்படுகிறது. உடனுக்குடன் விரைந்து நிகழ்வதை உடனொளிர்வு (fluorosence) என்றும், சற்றுக் காலந்தாழ்த்து நிகழ் வதை நின்றொளிர்வு (phosphoresence) என்றும் கூறலாம். ஒளிர்வு இவ்வாறு வேறுபட்டு அமைவ தற்கு அறிவியலார் தகுந்த விளக்கம் கண்டுள்ளனர்.

வளிமண்டலக் காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜன் மூலக் கூறுகள் சூரிய ஒளியிலுள்ள புற-ஊதாக் கதிர்களை ஏற்று ஒளிவழிச் சிதைவு அடைந்து ஆக்சிஜன் அணுச் களை உருவாக்குகின்றன. இந்த அணுக்கள் தங்க ளுக்குள் பிணைந்தோ ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகளுடன் இணைந்தோ ஓசோன் மூலக்கூறுகளை உருவாக்கு கின்றன. ஓசோன் மூலக்கூறுகள் புற-ஊதாக் கதிர்களை ஏற்கும்போது மீண்டும் ஒளி வழிச் சிதைவு நிகழ்ந்து ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகளும் அணுக்களும் உருவாகின்றன. இது இடைவிடாது நடந்து கொண்டிருக்கிறது. புற-ஊதாக் கதிர்கள் புவியிலுள்ள உயிரினங்களுக்குக் கேடு விளைவிப்பவை. இக்கேட்டைத் தடுக்கும் இயற்கைப் பாதுகாப்புப் போர்வையாக வானவெளியிலுள்ள ஓசோன் மண்ட லத்தைக் கூறலாம்.

தாவரங்கள், பச்சையத்தின் துணைகொண்டு காற்றிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்சைடையும், வேர்கள் மூலம் பெறும் நீரையும் வேதி வினைப்படுத்தி கார்போஹைட்ரேட்டுகளாக மாற்றுகின்றன. இந்த ஒளிச்சேர்க்கை மூலம் தாவரங்கள் ஒளியாற்றலை வேதியாற்றலாக மாற்றிச் சேமித்து வைக்கின்றன. ஒளிவழிச் சிதைவு தொழில்முறையாலும் சிறப்புப் பெறுகிறது. பல்வினைல் குளோரைடு கொண்டு செய்யப்பட்ட ஞெகிழிக் (plastic) குழாய்கள் பல வாறாகப் பயன்படுகின்றன. இதனுடன் குளோரின் வளிமத்தைக் கலந்து புற-ஊதாக் கதிர்வீச்சுக்கு உட் படுத்தினால் மேலும் வலிய ஞெகிழி கிடைக்கிறது. இத்தகைய புது ஞெகிழி முன்னதைவிட 50°C உயர் வெப்பம் தாங்கக்கூடியது. இது வெந்நீர்ச்

சுழலோட்டத்திற்காகப் பல தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுகிறது.

உயிர்வேதிச் சேர்மங்கள் ஒளிவேதி வினைகளுக்கு ஆட்படுவதற்கு எடுத்துக்காட்டாக மின்மினிப் பூச்சியின் ஒளிரும் தன்மையைக் கூறலாம். அதன் உடலிலுள்ள லூசிஃபெரின் என்னும் புரதம் காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜனை ஏற்று ஒளிவழிச் சிதைவு அடைவதன் விளைவாக ஒளிர்வு ஏற்படுகிறது. தாவரத் திசுக்களிலும் விலங்கினத் திசுக்களிலும் அமைந்திருக்கும் எர்கோஸ்ட்டீரால் என்னும் சேர்மம் புற-ஊதாக் கதிர்வீச்சால் வேதி வினைக்குட்பட்டு வைட்டமின் D ஆக மாறுகிறது. சூரியனிடமிருந்து பெறப்படும் ஒளியாற்றலை வேதியாற்றலாக மாற்றிப் பின்னர் அதை மின்னாற்றலாக மாற்றும் வழிவகைகள் இப்போது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. விண்வெளிக் கலன்களிலும் செயற்கைக் கோள்களிலும் பயன்படும் சூரிய ஒளி மின் கலங்கள் இவ்வடிப்படையில்தான் செயற்படுகின்றன.

- ருத்ர. துளசிதாஸ்

நூலோதி. Samuel H. Maron and Carl F. Prutton, *Principles of Physical Chemistry*, The Macmillan Co., New York, 1959.

ஒற்றடம்

சூடான பொருள்களாலும், குளிர்ந்த பொருள்களாலும் ஒற்றடம் (fomentation) கொடுக்கலாம். சூடான ஒற்றடம் கொடுக்கும் பகுதியில் இரத்த நாளங்கள் விரிவடைந்து இரத்த ஓட்டம் அதிகரிக்கிறது. இதனால் அங்குள்ள திசுக்கள் அதிகமாக வேலை செய்கின்றன. இது கிருமிகள் பரவுவதைத் தவிர்த்து விரைவில் நலமடைய உதவுகிறது. 115°F தான் சூடான ஒற்றடம் கொடுக்கத் தகுதியான வெப்பமாகக் கருதப்படுகிறது. மிகவும் சூடான ஒற்றடம் கொடுத்தால் அதுவே தீப்புண் ஏற்படக் காரணமாக அமைந்துவிடும்.

சூடான ஒற்றடம் உலர்ந்த முறையிலோ, ஈர வகையிலோ இருக்கலாம். எவ்வாறிருப்பினும் மருத்துவரின் ஆலோசனைப்படிச் செயல்படுத்த வேண்டும். சூடான உலர்ந்த ஒற்றடம், வெந்நீரைக் குப்பியிலிட்டு வேண்டிய உடற்பகுதியின் மீது வைப்பதாகும். காயம் ஆறவும், வியர்வை வீக்கம் வடியவும் இம்முறை பயன்படுகிறது.

குப்பியைப் பயன்படுத்தும்போது அதன் மூடி சரியாக மூடப்பட்டுள்ளதா என்று பார்க்க வேண்டும். முழுதும் நீரை நிரப்பக் கூடாது. ஏனெனில் அதன் அழுத்தம் நோயாளிக்குத் தொல்லை தரக்கூடும். இயன்றவரை குப்பிக்கும், நோயாளியின் தோலுக்குமிடையே ஒரு பாதுகாப்பு உறை இருப்பது நல்லது. ஐந்து நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை ஒற்றடம் கொடுக்கப்படும் பகுதி அதிகம் சிவந்து காணப்படுகிறதா என்று கவனமாகப் பார்த்து ஒற்றடம் கொடுக்க வேண்டும்.

ஈரமான வெப்ப ஒற்றடம் உலர்ந்த சூடான ஒற்றடத்தைவிட ஊடுருவும் தன்மைவாய்ந்தது. இதை ஒற்றி எடுக்கும் முறையிலோ மூழ்க வைக்கும் முறையிலோ கொடுக்கலாம். ஒற்றி எடுக்கும் முறை வீக்கத்தைக் குறைக்க, சுளுக்கை நீக்க, இரத்தம் கட்டியிருப்பதைக் கரைக்க, கிருமி பரவுவதைத் தடுக்கப் பயன்படுகிறது. இதற்குப் பயன்படுத்தும் நீர்மம், நீர், உப்புநீர், எப்சம் உப்புச் சேர்ந்த நீர் எனப் பல வகைப்படும். இதற்கு 100-110°F வெப்பம் இருப்பது நல்லது. துணியை இந்நீர்மத்தில் நனைத்து நன்கு பிரித்து வைக்க வேண்டும். இவ்வாறு மீண்டும் மீண்டும் கொடுத்தால்தான் ஒற்றடம் கொடுப்பதன் முழுப் பயனையும் அடையலாம்.

ஒற்றடம் கொடுக்கும் பகுதியை நீர்மத்தில் மூழ்க வைக்க முடியுமானால் அதுவே சிறந்தது. இவ்வாறு ஈர வெப்ப ஒற்றடம் கொடுக்கும்போது வெப்ப அளவியைக் கொண்டு வெப்பத்தைச் சரிபார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். நோயாளியின் தோல் அதிகமாகச் சிவந்து இருக்கிறதா என்று அடிக்கடி பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

குளிர்ந்த ஒற்றடம் கிருமிகள் பரவுவதைத் தடுப்பதோடு வலியையும் குறைக்கிறது. முதியோரின் இரத்தக் குழாய்கள் விரிவடையும் தன்மையைப் பெரும்பாலும் இழந்திருப்பதால் அவர்களுக்குச் சூடான ஒற்றடத்தைவிடக் குளிர்ந்த ஒற்றடமே விரும்பிய விளைவைக் கொடுக்கும்.

குளிர்ந்த ஒற்றடத்தை உலர்ந்த முறையிலோ ஈர வகையிலோ அளிக்கலாம், பனிக் கட்டிப் பை உலர்ந்த குளிர் கருவியாகும். நுணுக்கிய துண்டுகளையே பயன்படுத்த வேண்டும். பனிக் கட்டியைப் பையில் பாதி வரை நிரப்ப வேண்டும். இது எடையைக் குறைப்பதுடன் வெளியே வழியாமல்இருக்கவும் உதவுகிறது. நோயாளியை வெப்பம் தாக்குவதுபோல் ஒற்றடமும் தாக்கக்கூடும். நோயாளியின் தோலில் ஏதாவது மாற்றம் காணப்படுகிறதா வெளிறிய தோற்றம் கொடுக்கிறதா என்று கண்காணித்தல் வேண்டும்.

குளிர்ந்த ஈர ஒற்றடம் கொடுக்கும்போது துணியை நன்கு பிழிந்துவிட்டு வைக்க வேண்டும். அது உடல் சூட்டால் விரைவில் உலர்ந்து விடுவதால் அடிக்கடி நனைத்து வைக்க வேண்டும். குளிர்ந்த ஒற்றடம் கொடுக்கும்போதும் தோலில் நிறமாற்றம் ஏற்படுகிறதா என்று கவனமாகப் பார்க்க வேண்டும்.

- சுவயம் ஜோதி

ஒற்றி

இது ஆறு அங்குல நீளமுள்ள அலுமினியம் அல்லது இரும்பால் ஆன கம்பியாக இருக்கலாம். இதன் ஒரு முனை அரை அங்குலத்திற்குச் சொர சொரப்பாகச் செய்யப்பட்டு முக்கால் அங்குல அளவு வரை பஞ்சால் அழுத்தமாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இந்த ஒற்றியை (swab) 5"×½" அளவு உள்ள கண்ணாடி ஆய்வுச் குழாய்க்குள் வைத்து வாய்ப்புறத்தை இறுக்கமான பஞ்சால் அடைக்க வேண்டும்.

கண்ணாடிக்குழாய், ஒற்றி ஆகியவற்றை அழுத்த அனற்கலத்தில் (autoclave) வைத்துத் தூய்மைப் படுத்த வேண்டும். கம்பிகளுக்கு மாற்றாக மரக் குச்சியையும் பயன்படுத்தலாம். இவற்றை தேவைக் கேற்றவாறு உடைத்து நீளத்தைச் சரி செய்து கொள்ளலாம்.

எறிந்துவிடக்கூடிய ஒற்றிகள். இவ்வகை ஒற்றிகள் இயல்பாகவே ஊனீரில் (serum) நனைக்கப்பட்ட தாகவோ, நிலக்கரி பூசப்பட்டதாகவோ இருக்கலாம். இவற்றைப் பயன்படுத்தியபின் உறையோடு நெருப் பிலிட்டு அழித்து விடவேண்டும்.

தனிப்பட்ட ஒற்றிகள். இவை எளிதில் எட்டாத இடங்களிலிருந்தோ, உறுப்புகளிலிருந்தோ எடுக்கப் படுபவை ஆகும்.

குழந்தை ஒற்றிகள். குழந்தைகளுக்குக் காது போன்ற சிறிய துளைக்குள் ஒற்றியை நுழைக்கும் போது அவை வெளியிலிருந்து கிருமிகளை உள்ளே எடுத்துச் செல்லாமல் பாதுகாப்புடன் இருக்க மெல்லிய ஒற்றிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

மூக்கு வழியாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றிகள். இவை கக்குவான் இருமலைக் கண்டு தெளியப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன, இந்த ஒற்றியை மூக்கின் அடிப் பகுதி வழியாகச் செலுத்தித் தொண்டையின் மூக்குப் பகுதியிலிருக்கும் சுரப்பு நீரை எடுத்து ஆய்வு செய்யப் பயன்படுத்தலாம். இதற்கு வளைந்து கொடுக்கக் கூடிய தன்மையுள்ள 7" நீளமுள்ள தாமிரக் கம்பியில் சுற்றிய ஒற்றிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

மூக்கைத் தாண்டிச் செலுத்தப்பட வேண்டிய ஒற்றிகள். மெனிங்கோகாக்கை (Meningococci) என்னும் நுண்ணுயிர் தொண்டையின் மூக்குப் பகுதியில் தொடர்ந்து இருந்து வருகிறதா என்று அறிந்து கொள்ள இந்த ஒற்றிகள் பயன்படுகின்றன. இந்த ஒற்றியின் முனை 45°யில் வளைக்கப்பட்டிருப்பதால் தொண்டையைத் தாண்டி அதன் மூக்குப்பகுதியை அடைய முடிகிறது.

குரல்வளை ஒற்றிகள். இது மூச்சுக்குழாயின் கிளை களிலிருக்கும் காச நோய்க்கிருமிகளைக் கண்டுபிடிக்க உதவுகிறது.

கருப்பை வாய் ஒற்றிகளும், யோனியின் மேல்புற ஒற்றிகளும். இவை வெட்டை நோயையும், குழந்தைப் பிறப்புத் தொடர்பான காய்ச்சலையும் கண்டறிய உதவுகின்றன. இத்தகைய ஒற்றிகளை வேறு இடத் திற்கு அனுப்பி வைக்க வேண்டிய நிலையில் காப்பு நீர்மத்தில் போட்டு அனுப்ப வேண்டும். நடை முறையில் நிலக்கரி பூசப்பட்ட ஒற்றிகளில் கிருமிகள் காப்பு நீர்மத்தில் நீண்ட காலம் உயிர் வாழ்வதைக் காணலாம்.

-சுவயம் ஜோதி

ஒற்றைக்குளம்பி

இவை பெரிய உருவமுடைய தாவரவுண்ணிப் பாலூட்டிகளாகும். இவற்றில் கால் விரல் எண்ணிக்கை மற்ற பாலூட்டிகளிலுள்ளதைவிடக் குறைவு. விரல் நுனியில் குளம்புண்டு. புல், இலை, தழை ஆகிய உணவின் தன்மையைப் பொறுத்து உதடுகளும் பற்களும் மாறுபாடு அடைந்துள்ளன.

பல வாய்பாடு. வெட்டும் பல், *3/3*, கோரைப்பல் *1/1*, முன்கடைவாய்ப்பல் *4/4*, பின்கடைவாய்ப்பல் *3/3*. $\frac{3:1:4:3}{3:1:4:3}$ தாடையின் மேல், கீழ்ப் பக்கங் களிலுள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை மொத்தம் 44.

எளிய அமைப்புள்ள இரைப்பையும், பெரிய, சிக்கலான சீக்கமும் (caecum) உள்ளன. உடல் தோல் மிகவும் தடித்துள்ளது. அதில் மயிர் பரவலாகவோ அடர்த்தியாகவோ இருக்கும். இவ் வரிசையில் 3 குடும்பங்களும், 6 பேரினங்களும் (genera) 16 சிற்றினங்களும் (species) இடம் பெற்றுள்ளன.

குடும்பம்-1

ஈக்குவிடே *(equidae)*. இக்குடும்பத்தில் ஒரு பேரினமும், 7 இனங்களும் அடங்கியுள்ளன. பேரினம் ஈகுவஸில் (equus) 4 துணைப் பேரினங்கள் உள்ளன. இவை கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா, மங்கோலியா, அமெரிக்கா, இந்தியா ஆகிய நாடுகளில் காணப்படு கின்றன.

1. துணைப்பேரினம் - ஈக்குவஸ். எ.கா. குதிரை. புல்வெளிகள், பாறை அல்லது மணற்பாங்கான பாலைவனங்களில் இவை வாழ்கின்றன. ஏறத்தாழ 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட பிளீஸ்டோசீன் காலத்தில் தற்காலக் குதிரையின் முன்னோடி படிமலர்ச்சியுற்றது. காலப்போக்கில் இவற்றின் காலின் முதல் இரு விரல்கள் இணைந்து ஒரே

விரலாக மாறியுள்ளன. காலில் பிளவுபடாத குளம்பு உள்ளது. வாலில் நீண்ட மயிர் உள்ளது. புறச்செவி பெரியதாகவும், கூர்மையாகவும் உள்ளது. பெண் குதிரையின் வயிற்றுப் பகுதியில் 2 பால் காம்புகள் உள்ளன.

$$\text{பல் வாய்பாடு} = \frac{3\text{-}1\text{-}3\text{-}3}{3\text{-}3\text{-}3\text{-}3}$$

ஆசியக்குதிரை (*equus przewalski*). மங்கோலியாவில் காணப்படும் இவ்வினம் அழியும் தறுவாயில் உள்ளது.

வளர்ப்புக்குதிரை (*e.cabalus*). இவை அமெரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா ஆகிய நாடுகளில் இயற்கைச் சூழலில் வாழ்ந்தவை. இவை தற்காலத்தில் வளர்ப்பு விலங்குகளாக மட்டுமே உள்ளன.

2. துணைப்பேரினம் – அசைனஸ் (*assinus*) எ.கா. கழுதை. பாறைகள் உள்ள பாலைவனத்தில் இவை வாழ்கின்றன. குறைவான உணவு உண்டாலும். 110 கி.கி. வரை எடை தூக்கும் திறன் காரணமாகச் சுமை தூக்கும் விலங்குகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை பின்கால்களால் உதைக்கும் பண்புடையவை. தலை உடல் நீளம் 200 செ.மீ. வால் நீளம் 45 செ.மீ. எடை 250 கி.கி. சூல்காலம் 348-377 நாள்கள். ஆண் கழுதைக்கும் பெண் குதிரைக்கும் பிறக்கும் கோவேறு கழுதை, பெண் கழுதைக்கும், ஆண்குதிரைக்கும் பிறக்கும் கோவேறு கழுதை இரண்டும் மலட்டுத் தன்மை கொண்டவை.

ஆசியக் கழுதை (*e.hemionus*). இது அழியும் நிலையில் உள்ளது.

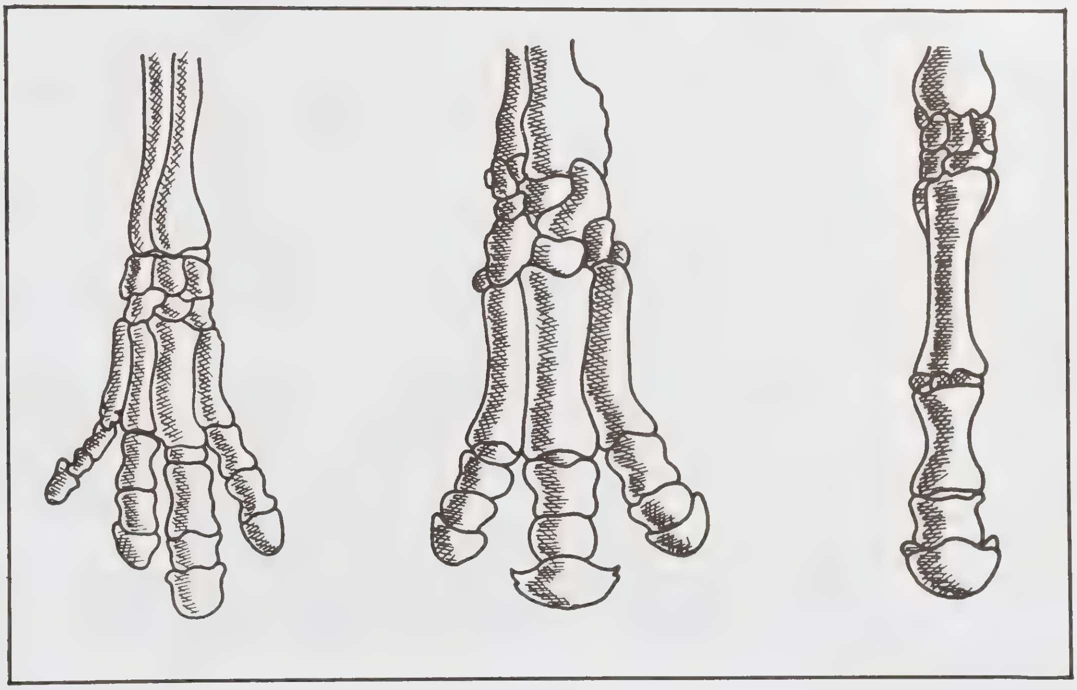
ஆப்பிரிக்கக் கழுதை (*e.africanus*). இதுவும் விரைவில் அழியலாம்.

3. துணைப்பேரினம்-ஹிப்போடைக்ரில் (*hippotigris*) எ.கா. வரிக்குதிரை. கிழக்கு, தெற்கு ஆப்பிரிக்காப் புலியின் தோல் மீது காணப்படும் வரிகளைப்போல் வரிக்குதிரையிலும் காணப்படுவதால் இப்பெயர் பெற்றது. சுறுசுறுப்புடனும், ஒலி எழுப்பிக் கொண்டும், பிறவிலங்குகளுக்கு அஞ்சாமலும் வாழ்கிறது. மணிக்கு 65 கி.மீ. வேகத்தில் ஓடும். சிங்கங்கள் இதை விரும்பி உண்ணும். தலை-உடல் நீளம் 220 செ. மீ. வால்நீளம்-50 செ.மீ. எடை 250 கி.கி. சூல்காலம் 345-390 நாள்கள். வாழ்நாள் 28 ஆண்டுகள் ஆகும். இது கிழக்கு, தெற்கு ஆப்பிரிக்கா நாடுகளில் பரவியுள்ளது.

சமவெளி வரிக்குதிரை (*e.burchelli*) குட்டையான கால்களுடன் கொழுகொழுவென இருக்கும்.

மலைவாழ் வரிக்குதிரை (*mountain zebra*). இது முரட்டுத்தனம் கொண்டது.

4. துணைப்பேரினம்-(டோலிகோஹிப்பஸ்) (*dolichohippus*). இது எத்தியோப்பியா, சோமாலியா, வட கென்யா ஆகிய நாடுகளில் நீள்புல்வெளி, அடர் புல்வெளிப் பகுதிகளில் வாழ்கிறது. தலை-உடல் நீளம் 275 செ.மீ. வால்நீளம் 49 செ.மீ. எடை. 405 கி.கி. எ.கா: கிரேவி வரிக்குதிரை.



கால்கள்

குடும்பம்-2

ட்ப்பீரிடே *(tapiride.)*. மெக்சிகோ, தென் அமெரிக்கா, மலேயா ஆகிய நாடுகளில் உள்ள இக் குடும்பத்தில் 1 பேரினமும், 4 இனங்களும் உள்ளன.

பேரினம்-டப்பீரஸ் *(tapirus)*. இதன் மேலுதடு, மூக்கு இணைந்து சிறிய துதிக்கையாக மாறியுள்ளது. இது நுகரவும், இலை தழைகளை இழுக்கவும் பயன் படும்.

$$\text{பல் வாய்பாடு} = \frac{3\text{-}1\text{-}4\text{-}3}{3\text{-}1\text{-}4\text{-}3}$$

புலி, சிங்கம், சிறுத்தை ஆகியவை இதன் எதிரி களாகும். தலை, உடல் நீளம்-180-250 செ.மீ. வால் நீளம். 5-10.செ. மீ; எடை 225-300 கி.கி. பெண்டபீர் இரண்டு மாதத்திற்கொருமுறை இனக் கலவிக்குத் தயாராகும். கனைத்துக்கொண்டே கலவி நடனம் புரிந்தபின்னர் புணரும். சூல் காலம் 400 நாள்கள். வாழ்நாள் 30 ஆண்டுகள் ஆகும்.

டப்பீர்கள் மலேயாவில் ரப்பர் பயிர்களை வெகு வாக நாசம் செய்கின்றன; அவற்றின் தோலுக்காக வும், இறைச்சிக்காகவும் அவை வேட்டையாடப்படு கின்றன. எனவே தற்போது அவை பாதுகாக்கப்பட வேண்டிய சூழலில் உள்ளன

பிரேசில் டப்பீர் (tapirus terrestris), மலை டப்பீர் (t.pinchaque), பயர்டி டப்பீர் (t.bairdi), மலேய டப்பீர் (t.indicus) என டப்பீர்கள் பல வகைப்படும்.

குடும்பம்-3

ரைனோசெராட்டிடே*(rhinocerotidae)*. ஆப்பிரிக்கா, இந்தியா, ஜாவா ஆகிய நாடுகளில் காணப்படும் இவற்றில் 4 பேரினங்களும், 5 இனங்களும் உள்ளன. இவை டெர்சியரி (teritiary period) காலத்தில் மிகு எண்ணிக்யைில் வாழ்ந்தன. தற்போது பெரும் பான்மையான காண்டாமிருகங்கள் மறைந்தொழிந்து விட்டன. இவற்றின் அழிவுக்கு மனிதனே காரணம். மறைந்தொழிந்தவற்றுள் புகழ் பெற்றது மயிரடர்ந்த காண்டா மிருகம் ஆகும். இது 15,000 ஆண்டுகளாக வாழ்ந்து வருகின்றது. சுமத்தரா காண்டாமிருகம் சிறியது (தலை-உடல் நீளம்-250 செ.மீ. எடை 800 கி.கி.) வெள்ளைக் காண்டாமிருகம் உருவில் பெரியது. (தலை-உடல் நீளம்-400 செ.மீ. எடை 2300 கி.கி.) கால்கள் சிறியவாகத் தடித்து இருப்ப துடன், 3 குளம்புள்ள விரல்களும் இருக்கும். தடித்த தோலில் தெளிவான அல்லது தெளிவற்ற மடிப்புகள் இருக்கும். மேலுதடுகள் செயலுக்கேற்ற மாறுபாடு பெற்றுள்ளன.

$$\text{பல் வாய்பாடு} = \frac{1\text{-}0\text{-}3\text{-}3}{1\text{-}1\text{-}3\text{-}3}$$

இதன் கொம்பு நாரிழைகளால் ஆக்கப்பட் டுள்ளது. கண்டாமிருகத்தின் கொம்புக்காக அவை வேட்டையாடப்படுகின்றன. வட இந்தியா, சோமா லியாவில் சிற்றின்ப உணர்ச்சியைத் தூண்டும் பொரு ளாகவும், சீனாவில் சுரம், தலைவலி, இதயக் கோளாறு, கல்லீரல் கோளாறு, தோல் நோய் முதலிய வற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் பொருளாகவும் காண்டா மிருகத்தின் கொம்பைக் கருதுகின்றனர்.

வட ஏமனில், இக்கொம்பை ஜாம்பியா என்னும் குத்துவாள் கைப்பிடியாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். இது தகைமையின் சின்னமாகக் கருதப்படுகிறது. இதனால் 1969-77 இல் 8000 கொம்புகள் ஏற்றுமதி செய்யப்பட்டதால் பொருளாதார மேம்பாடு ஏற் பட்டது.

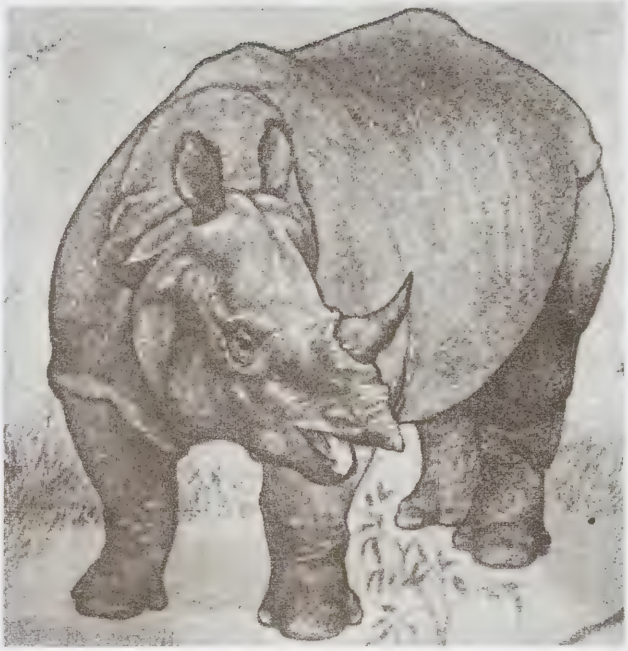
காண்டாமிருகத்தின் குளம்பு சிறுநீர் இரத்தம் முதலியவையும், கீழ்த்திசை நாடுகளில் (ஆப்பிரிக்கா நீங்கலாக) மருத்துவச் சிறப்பு வாய்ந்தவை. சோமாலி லியாவில், தோல் சாட்டைக் கைப்பிடியாகவும், இறைச்சி உணவாகவும் பயன்படுகின்றன. இப்பயன் காரணமாக இவை பெருமளவில் வேட்டையாடப் பட்டமையால், மறைந்தொழியும் அச்சநிலையை எதிர்நோக்கியுள்ளன. இதைத் தவிர்க்க ‘காண்டா மிருகப்பாதுகாப்புத்திட்டம்’ நிறைவேற்றப்படுகிறது. இதன்பயனாக 1982 இல் தென் ஆப்பிரிக்காவில் 1200 வெள்ளைக்காண்டாமிருகங்கள்காணப்பட்டன.

மங்கிய பார்வையும், கூரிய செவிப்புலனும், கூரிய நுகர்ச்சிப்புலனும் பெற்றது. ஆண் காண்டா மிருகத்தில், ஆண்கலவி உறுப்பு சுருங்கிய நிலையில், பின்னோக்கி இருப்பதால், சிறுநீர் பின்னோக்கி விடப் படும். ஏறத்தாழ ஒரு மணிநேரம் புணரும். சூல் காலம் 510-570 நாள்கள். ஒரு கன்றுக்கும், அடுத்த கன்றுக்கும் இடைவெளி 22 மாதங்கள் ஆகும்.

1. பேரினம்-டைசீரோஸ் *(diceros)* எ.கா. கறுப்புக் காண்டாமிருகம் (diceros bicorris), கொக்கி உதட்டுக் காண்டாமிருகம் என வழங்கப்படும். இதன் இரு கொம்புகளில் முன்கொம்பு பெரியது. ஏறத்தாழ 1300 கி.கி. சூல்காலம்-15 மாதம், வாழ்நாள் 40 ஆண்டுகள் ஆகும்.

2. பேரினம்-செரட்டோதீரியம். வெள்ளைக் காண் டாமிருகம் (c. simum), சதுர உதட்டுக் காண்டா மிருகம் என்றும் குறிக்கப்படுகிறது. நிலவாழ்பாலூட்டி களில், யானையை அடுத்து இதுவே பெரியது (2300 கி.கி.) சூல் காலம் 16 மாதங்கள், வாழ்நாள் 45 ஆண்டுகள் ஆகும்.

3. பேரினம் - ரைனோசிரோஸ் *(rhinoceros)*. இந்தியக் காண்டாமிருகம் (runicorris) ஒற்றைக் கொம்புடையது; எடை 2200 கி.கி. யானையையே தூக்கி எறியும் ஆற்றல் கொண்டது. சூல்காலம் 19 மாதங்கள், வாழ்நாள் 50 ஆண்டுகள் ஆகும்.



ஜாவா காண்டாமிருகம் (*r. sondaicus*) சிக்கிம், வங்காளம், அஸ்ஸாம், பர்மா, மலேயா, சுமத்ரா, இந்தோ-சீனாப் பகுதிகளில் முன்பு வாழ்ந்தது. ஆனால் தற்போது ஜாவாவில் மட்டுமே காணப் படுகிறது. எடை 1400 கி.கி. சூல்காலம் 17 மாதங் கள் ஆகும்.

4. பேரினம் – டையரோரைனஸ் (*dierorhinus*) சுமத்ரா காண்டாமிருகம் (d. sumatrensis) இது இரு கொம்புகளுடைய ஆசியக் காண்டாமிருகம் ஏறத்தாழ 800 கி.கி. எடை சூல்காலம் 7-8 மாதங்கள். வாழ் நாள் 32ஆண்டுகள் ஆகும். காண்க, காண்டாமிருகம்.

-ர. குலசேகரன்

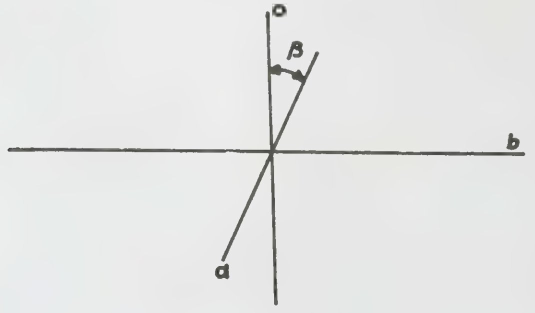
ஒற்றைக் கொம்பு விலங்கு

காண்க : காண்டாமிருகம்

ஒற்றைச் சரிவுப் படிகத் தொகுதி

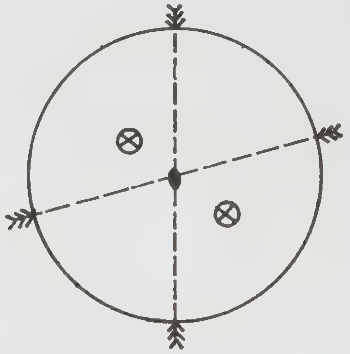
படிக அச்சு (crystallographic axis). ஒற்றைச் சரிவுப் படிகத்தொகுதி அனைத்துப் படிவத்தையும் கொண்ட தாகும். இணையற்ற மூன்று அச்சுகளையுடைய அவற்றில் ஓர் அச்சே ஒற்றைச் சரிவாகும்.

இதன் அச்சுகள் பின்வருமாறு குறிக்கப்படு கின்றன. அவை சரிவு அச்சு (clino axis), வரி அச்சு (ortho axis), குத்து அச்சு (vertical axis) எனப்படும். சரிவு அச்சுக்கும் (a-axis) குத்தச்சுக்கும் உள்ள கோணம் β எனக் குறிக்கப்படுகிறது. a க்கும் b க்கும் உள்ள கோணமும், b க்கும் c க்கும் உள்ள கோணமும் செங்கோணமாகும்.



படம் 1. இயல்பு வகை

சீர்மைத்தளம் (symmetry). இயல்பு வகை, ஒரு சமச்சீர்தளமும், ஓர் இரட்டைச்சீர் தளமும் (binary symmetry) உடையதாகும். சமச்சீர்தளம் எப்போதும் a அச்சுக்கும் c அச்சுக்கும் சமமாக இருக்கும். சீர் மைத்தள அச்சு b அச்சுடன் இணைகிறது. ஓர் அச்சின் இடம் பிற அச்சுகளைக் கொண்டு நிலை நிறுத்தப்படுகிறது.



படம் 2. இயல்பு வகையின் சீர்மைத்தளம்

இதன் வெவ்வேறு படிவங்கள் குறிகளுடன் பின் வருமாறு தெளிவுப்படுத்தப்படுகின்றன. அவை செவ் விணை வடிவப் பக்கம் (அல்லது) a -இணை வடிவப் பக்கம் (100) (ortho pinacoid), சாய்வு இணை வடிவப்பக்கம் (010), அடி இணைவடிவப்பக்கம் (basal pinacoid) அல்லது (001) c இணைவடிவப் பக்கம். பட்டகங்கள் செம்மாடம் (orthodome), சரிவுமாடம் (clinodome), பட்டைக் கூம்புகள் (pyramid) என வகைப்படும்.

இணைவடிவப்பக்கம். இது மூன்று வகைப்படும். செவ்விணை வடிவப்பக்கத்தின் (100) இருபக்கமும் வரி அச்சுக்கும் குத்து அச்சு c க்கும் இணையானது. 100 - $\bar{1}$00 சுட்டுக் குறிகள் இதில் அடங்கும். இப் படிவத்தை a என்று குறிப்பிட்டு, a இணைவடிவப் பக்கம் என்று குறிப்பிடலாம்.

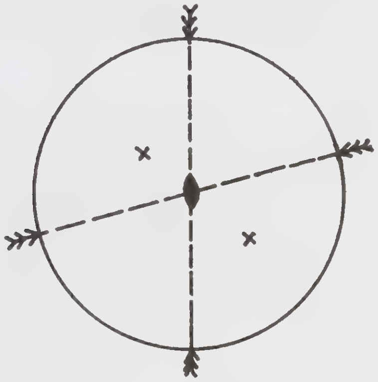
சாய்வு இணைவடிவப்பக்கத்தின் இருபக்கமும் சாய்வு அச்சுக்கும், குத்து அச்சுக்கும் இணையாகச் சமச்சீர் தளத்துடன் அமைந்திருக்கும். இவை (010) (0$\bar{1}$0) சுட்டுக் குறிகள் கொண்டவை. இணைவடிவப் பக்கம் இரண்டு முனைகளைக் கொண்டது. இவை a, b அச்சுகளின் தளத்திற்கு இணையானவை. 001, 00$\bar{1}$ குறிகளுடையவை. c இணைவடிவப்பக்கம் எனப்படும்.

பட்டகம். அனைத்துப் பட்டகங்களும் ஒரே வகையானவை; இவற்றை மூன்று வகையாகவும் பிரிக்கலாம். அவை அலகுப்பட்டகம் (unit prism), வரிப்பட்டகம் (orthoprism), சாய்பட்டகம் (clinoprism) எனப்படும்.

செம்மாடம். நான்கு முகங்கள் வரி அச்சுக்கு இணையாகப் பிற இரு அச்சுகளைச் சந்திக்கின்றன.

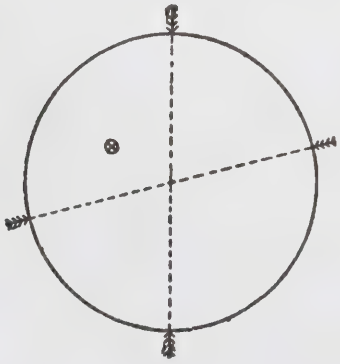
சரிவுமாடம். இதன் முகங்கள் a - அச்சுக்கு இணையாக, இரு அச்சுகளை வெட்டும். ஒவ்வொரு படிவமும் நான்கு முகங்களை உடையது.

கூம்புப் பட்டகம். ஒற்றைச்சரிவுப் படிகத் தொகுதியிலுள்ள கூம்புப்பட்டகம் அரை உருவவடிவக் கூம்பை உடையதாகும். ஒவ்வொரு படிவமும் நான்கு பக்கங்களை உடையது. கூம்புகள் மூன்று வகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவை அலகுக் கூம்புப்பட்டகம், செங்கூம்புப்பட்டகம், சரிவுக்கூம்புட்பட்டகம் ஆகும். இரண்டு படிவங்கள் நான்கு பக்கங்களைக் கொண்டு அமைந்துள்ளன.



படம் 3. அரை உருவ வகையின் சீர்மைத்தளம்

கனிம ஜிப்சம். இது அரை உருவ வகை (hemimorphic class) அல்லது டார்டாரிக்அமில வகையைச் சேர்ந்தது. இது இரட்டைப்படைச் சீர்மைத் தளத்தை உடையது. இதற்குச் சமச்சீர்மைத் தளம் இல்லை. அரை உருவ வகையைச் சரிவு மாடம், கூம்புப்பட்டகம் இவற்றைக் கொண்டு தெளிவாக வரையறுக்க முடியும். கனிம டார்டாரிக் அமில வகையும், இணை படிவ வகையும் இத்தொகுதியைச் சார்ந்தவையாகும்.



படம் 4. சரிவுப்பட்டக வகையின் சீர்மைத்தளம்

சரிவுப்பட்டக வகை. (clinohedral class) ஒற்றைச் சமச்சீர் தளத்தைக் கொண்டு சாய்வு இணை வடிவப் பக்கத்திற்கு இணையாக அமைந்துள்ளது. ஆனால் சீர்மைத்தள அச்சுகள் இல்லை. இதில் படிவங்கள் b-(நெட்டச்சு) அச்சுக்கு இணையானவை. c-(*001*), a-(*100*), செம்மாடம் ஒரு பக்கத்தை உடையதாகும். பிறபடிவங்கள் இரு பக்கங்களைக் கொண்டு சய்வு இணை வடிவப் பக்கத்திற்கு ஒரு போதும் இணையில்லாமல் இருக்கும்.

- ந. சந்திரசேகர்

நூலோதி. W.E., Ford, *Dana' sText Book of Mineralogy*, Wiley Eastern Ltd, 1985.

ஒற்றைச்செல் உயிரி

தொடக்கக் கால உயிரிகளில் புரோட்டோப்பிளாசமும் அதனுள் அமைந்த ஒரு நியுக்ளியஸ் மட்டுமே இருந்தன. இவற்றிற்கு ஒற்றைச் செல் உயிரிகள் (unicellular organisms) அல்லது முன்னுயிரிகள் (protozoans) எனப் பெயரிட்டனர். முதுகெலும்பற்றவையின் முதல் தொகுதியான புரோட்டோசோவாவில் அனைத்து ஒற்றைச் செல் உயிரிகளும் வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ளன.

பலசெல் உயிரிகளின் (metazoa) உறுப்புகளும், உறுப்பு மண்டலங்களும் செய்யும் அனைத்து உயிர் வாழ்செயல்களையும் ஒற்றைச்செல் உயிரிகள் செய்கின்றன. பலசெல் உயிரியின் உடலிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படும் ஒரு செல்லால் தனித்தியங்க முடியாது. ஆனால் புரோட்டோசோவா தனித்தியங்கும் ஆற்றல் கொண்டுள்ளது. அதனால் இவற்றை ஒற்றைச் செல் உயிரிகள் எனக் கூறுவதை விடச் செல்படாத அல்லது செல்களாகப் பகுபடாத (acellular) உயிரிகள் எனக் கூறுவதே பொருத்தமாகும்.

முன்னுயிரிகளான (முதலில் தோன்றிய) இவை திசுக்கள், உறுப்புகள் இல்லாத செல்படா உயிரிகள். இவை தனி உயிரிகளாகவும், கூட்டுயிரிகளாகவும் காணப்படுகின்றன. சில முன்னுயிரி இனங்களில் பல தனி முன்னுயிரிகள் ஒன்றுடன் ஒன்று புரோட்டோபிளாசத் தொடர்புகொண்டு கூட்டுயிரிகளாக (colony) வாழ்ந்தபோதும் இவை பல செல் உயிரிகளினின்றும் முற்றிலும் மாறுபட்டவை. கூட்டுயிரியின் ஒவ்வொரு தனி உயிரியும் ஒரே தன்மையுள்ள அமைப்பைப் பெற்றுள்ளது.

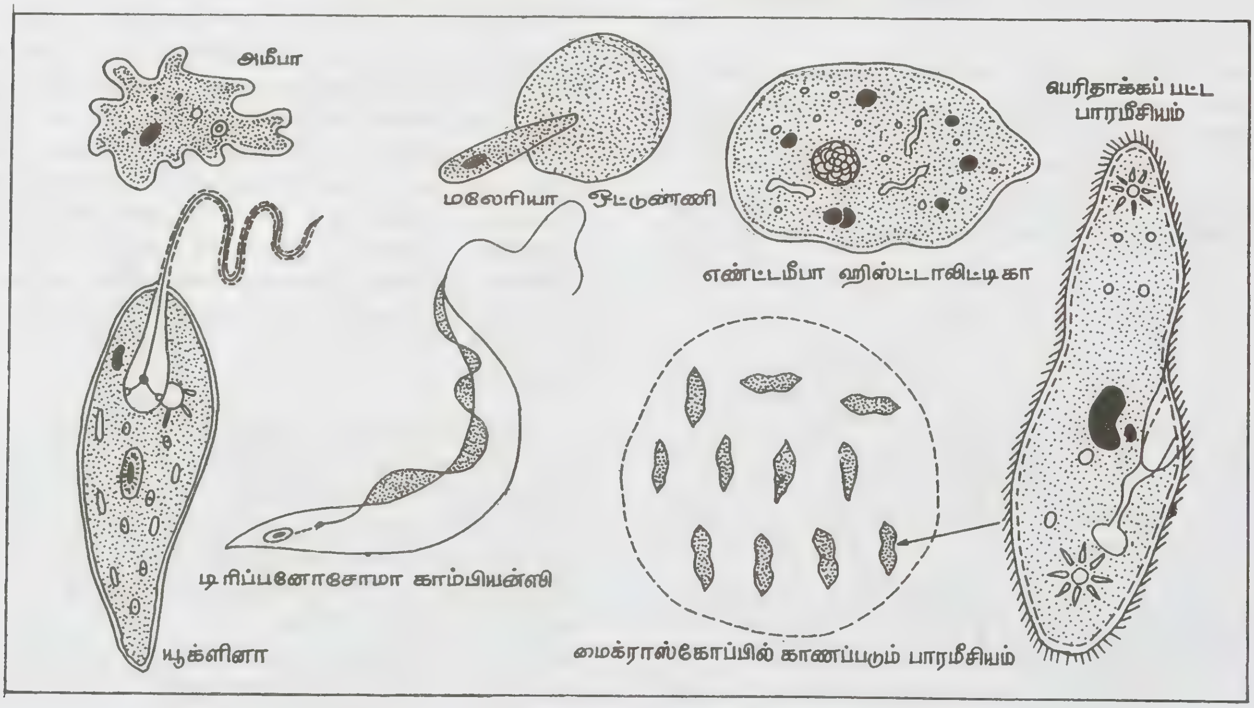
சில முன்னுயிரிகளில் உயிர்வாழ் செயல்களான உண்ணுதல், நகர்தல், உணர்தல், இனப்பெருக்கம் செய்தல் போன்றவை வேறுபாடுறாத புரோட்டோப் பிளாசத்தால் செய்யப்படுகின்றன. ஆனால் வேறு சில முன்னுயிரிகளில் புரோட்டோப்பிளாசம் வேறு பாடுகளுற்று உருமாற்றங்கள் பெற்றுள்ளது. இவை உறுப்புகள் போலச் செயல்படும் தன்மை பெற் றுள்ளவை என்பதால் இத்தகைய வேறுபாடுகளுற்று உருப்பெற்ற புரோட்டோப்பிளாசப் பகுதிகளை நுண்ணுறுப்புகள் (organelles) அல்லது செல் நுண் ணுறுப்புகள் எனக் குறிப்பிடுவர்.

செல்படாவுயிரிகளின் நுண்ணுறுப்புகளான குற்றி ழைகள் (cilia), போலிக்கால்கள் (pseudopodia), கசை இழைகள் (flagella) முதலியன பொருள்களைப் பிடிக்கவும், இடம்விட்டு இடம் பெயரவும் பயன்படுகின்றன. இவை தவிர நகருவதற்காக நுண் சுருங்கு இழைகளும்; ஒட்டுண்ணிகள் ஓம்புயிரியைப் பற்றிக் கொள்ள நுண்பற்றுறுப்புகளும்; ஊடுகலப்பு ஒழுங்கு பாடு (osmoregulation) செய்யச் சுருங்கு நுண்குமிழிகளும் (vacuoles); உணவை விழுங்கவும், சேகரிக்கவும் செல் தொண்டையும், உணவு வரிப் பள்ளமும், ஒளி உணரும் கண்புள்ளிகளும், உணர்ச்சி நுண் முள்களும் முன்னுயிரிகளில் காணப்படுகின்றன.

மேல் விலங்குகளில் ஒவ்வொரு வகை உடற் செயலையும் அதற்கென அமைந்த உறுப்புகள் செய் கின்றன. அவ்வாறே செல்படாத உயிரிகளின் உடற் செயல்களை அவற்றிற்கெனவுள்ள செல்பகுதிகள் செய்கின்றன. இப்பகுதிகள் கூர்முள்கள், இழைகள், குமிழ்கள் என உருப்பெற்றிருக்கலாம் அல்லது வேறு பாடுறாத புரோட்டோப்பிளாசமாகவே இருக்கலாம். இவை கலவி முறை (sexual), கலவா முறை (non sexual) ஆகிய இரு முறைகளிலும் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. கலவா இனப்பெருக்கத்தில் பிளவுறுதல் (fission), முகிழ்த்தல் (budding), பல் பிளவு முறை (multiple fission) என்னும் பல முறைகள் காணப்படு கின்றன. கலவி முறை இனப்பெருக்கம் பரவலாக அனைத்து முன்னுயிரிகளிலும் நடைபெறுகிறது.

முன்னுயிரிகள் அனைத்தும் நுண்ணோக்கியின் உதவியின்றிக் காண முடியாத அளவிற்கு மிகச் சிறியன. சிலவற்றில் வெளியுறைகளும், கூடுகளும் (cysts) உள்ளன. சில முன்னுயிரிகள் கடல் நீரிலும், சில சதுப்புநிலங்களிலும், சில முன்னுயிரிகள் விலங்கு களில் அக ஒட்டுண்ணிகளாகவும் வாழ்க்கை நடத்து கின்றன.

இடப்பெயர்ச்சி நுண்ணுறுப்புகளை அடிப்படை யாகக் கொண்டு முன்னுயிரிகள் நான்கு வகுப்பு களாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை 1. ரைசோப்போடா (rhizopoda) அல்லது சார்க்கோ டைனா (sarcodina), எ. கா. அமீபா. எண்ட்டமீபா. 2. நீள் இழை உயிரிகள் (flagellata) அல்லது மாஸ்ட் டிகோஃபோரா (mastigophora), எ. கா. யூக்ளினா. டிரிப்பனோசோமா. 3. சிதல் உயிரிகள் (sporozoa) எ. கா. பிளாஸ்மோடியம், மானோசிஸ்டிஸ். 4. குற் றிழையுயிரிகள் (ciliophora) எ. கா. பாரமீசியம், வார்ட்டிசெல்லா.



முன்னுயிரிகளில் ஆறுவகை உணவு ஊட்ட முறைகள் காணப்படுகின்றன. விலங்கு போலுண்ணுதல் (holozoic), தாவரம் போலுண்ணுதல் (holophytic). சாறு உண்ணுதல் (saprozoic or saprophytic) ஒட்டுண்ணி முறை (parasitic), கழிவுவுண்ணுதல் (coprozoic) பலவகைகளில் உண்ணுதல் (mixotrophic) ஆகியன குறிப்பிடத்தக்கவை. சில முன்னுயிரிகள் இந்த ஆறு ஊட்ட முறைகளைத் தவிர வேறு சில தனிப்பட்ட முறைகளிலும் உண்கின்றன; ஊட்டம் பெறுகின்றன. இணை வாழ்வு முறை (symbiosis) உடன் உண்ணுமுறை (commensalism) போன்ற உணவூட்டம் பெறும் முறைகளையும் முன்னுயிரிகளில் காணலாம்.

ஃபொராமினிஃபெரன்கள் (foraminiferans) எனப்படும் ரைசோப்போடா நுண்ணுயிரிகள், கடல் பரப்பில் வாழ்கின்றன. இவை சுண்ணாம்புப் பொருள், சிலிகா, கைட்டின் (chitin) போன்றவற்றால் ஆக்கப்பட்ட ஓட்டினுள் வாழ்பவையாகும், இவை இறந்தவுடன் இவற்றின் வெற்றுக் கூடுகள் கடலில் அமிழ்ந்து அடித்தளத்தை அடைகின்றன. இவை ஓரளவு கரைந்து மண்ணுடன் கலந்து ஃபொராமினிஃபரன் அசும்பு (foraminiferanooze) உண்டாகிறது, கடல் தளத்தின் மூன்றில் ஒரு பகுதி இதனால் ஆனது. பல சுண்ணாம்புப் பாறைகள் இவற்றால் ஆனவை.

ரைசோப்போடா முன்னுயிரிகளில் (ரேடியோலேரியங்கள்) சிலிக்கானாலான கூடுகள் உள்ளன. இவை இறந்தவுடன் இக்கூடுகள் கடலின் அடித்தளத்தை அடைகின்றன. இக்கூடுகளும், கடல் பஞ்சுகளும், டையாட்டம்களும் (diatoms) சேர்ந்து உண்டான பொருளுக்கு ரேடியோலேரிய அசும்பு (radiolanian ooze) என்று பெயர்.

ஒற்றைச் செல் உயிரிகள் பொருளாதாரச் சிறப்பு வாய்ந்தவை. இவற்றுள் பல, பிற விலங்குகளுக்கு நன்மை பயக்கக் கூடியவையாகவும், வேறு சில தீமை பயக்கக்கூடியவையாகவும் உள்ளன. ஒற்றைச்செல் உயிரிகள், நீரில் உள்ள பாக்டீரியாக்களை விழுங்கி உண்பதால் குடிநீர் தூய்மையாகிறது. புழுக்கள், நுண் ஓட்டுடலிகள், பூச்சி இளவுயிரிகள் ஆகியன மிதவை முன்னுயிரிகளை உணவாகக் கொள்கின்றன, இணைவாழ்வு முறை, உடன் உண்ணுதல் போன்ற வழிகளில் பிற விலங்கு வகைகளுக்கு முன்னுயிரிகள் துணை செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாகக் கறையான்களின் குடலில் வாழும் டிரைக்கோநிம்ஃபா என்னும் முன்னுயிரிகள் கறையானின் உணவிலுள்ள செல்லுலோஸைச் செரிக்கச் செய்கிறது. அதனால் கறையான் முன்னுயிரி ஆகிய இரண்டும் பயன் பெறுகின்றன. பல குற்றிழையிகள் தவளை, மீன் ஆகியவற்றின் உடலின் மேல் உடன்வாழ்உயிரிகளாக (commensals) வாழ்கின்றன. மனிதனின் குடலில் வாழும் பேலண்ட்டிடியம் கோலை (*Balantidium coli*) என்னும் குற்றிழை உயிரி அங்குள்ள கேடு செய்யும் பாக்டீரியாக்களை உணவாக உட்கொண்டு நன்மை செய்கின்றன.

முன்னுயிரிஒட்டுண்ணிகள், ஓம்புயிரிகளின் (hosts) திசுக்களையும், இரத்தத்தையும் உண்டு ஓம்புயிரிக்குக் கேடு செய்து நோய்களை உண்டாக்குகின்றன. மனித இனத்திற்குத் தொடக்க காலத்திலிருந்தே கேடு விளைவிக்கும் நோயான மலேரியாக் காய்ச்சல் மலேரியா ஒட்டுண்ணியால் உண்டாகிறது. மலேரியா ஒட்டுண்ணி ஓர் ஒற்றைச் செல் உயிரியாகும். ஆப்பிரிக்காவின் வெப்பப்பகுதிகளில் வாழும் மனிதர்களைத் தாக்கும் காம்பியாக் காய்ச்சலும் உறக்க நோயும் ட்டிரிப்பனோசோமா காம்பியன்சி என்னும் இரத்தக் கசையிழையுயிரியாகிய ஒற்றைச் செல் உயிரியால் உண்டாகின்றன. எண்ட்டாமீபா ஹிஸ்டாலிட்டிக்கா என்னும் ஒற்றைச் செல் ஒட்டுண்ணி அமீபச் சீதபேதி நோய்க்குக் காரணமாகும்.

உடற் கட்டமைப்பில் வேறுபாடுகள் இருந்த போதும் அமீபா, பாரமீசியம், பிளாஸ்மோடியம், யூக்ளினா ஆகியவற்றுக்குப் பொதுவான ஒரு சிறப்புத் தன்மை உண்டு. இவ்விலங்குகளின் உடல் ஒரு தனிச் செல்லைப் போலவுள்ளது. இவற்றின் எளிய கட்டமைப்பு ஒற்றைச் செல் உயிரிகளின் தொன்மையைக் காட்டுகிறது. முன்னுயிரிகள் ஏறத்தாழ நூற்றைம்பது கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் தோன்றின என்று உயிரியல் அறிஞர்கள் கூறுகின்றனர்.

- செ. இராஜசேகரன்

ஒற்றைத் தலைவலி

இது ஒரு பக்கத் தலைவலி, ஒருக்கட்டை வலி, மண்டைக் குத்தல் என்று பலவாறாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. இந்நோய் தலையின் ஒரு பக்கம் மட்டுமே தாங்க முடியாத அளவு வலியை உண்டாக்கும். வாந்தி, குமட்டல், கண்களில் மின்மினிப் பூச்சி பறப்பதுபோல் தோற்றம் ஆகியவை முதலில் ஏற்படும். குறித்த காலங்களில் வந்து வந்து போகும். ஒவ்வொரு முறையும் வரும் விதத்திலும் வலியின் அளவிலும் இடைவெளியிலும் வேறுபாடு காணப்படும். ஒரே பக்கத்தில் மட்டுமே தொடர்ச்சியாக வர வேண்டும் என்பதில்லை. ஒவ்வொரு முறையும் ஒவ்வொரு பக்கமாக மாறி மாறி வரலாம். சில சமயங்களில் இரண்டு பக்கமும் வலி இருக்கும். ஆனால் ஒரு பக்கம் வலியின் கடுமை கூடுதலாக இருக்கும். இது ஒரு குடும்பத்தைச் சேர்ந்த பலருக்கும் பரம்பரையாக வரும்.

முதல்தர ஒற்றைத் தலைவலி (classical migraine). இவ் வகையில் தலைவலி வருவதை முன் அறிவிப்புச் செய்வது போல் கண்பார்வை மங்கல், கோடு

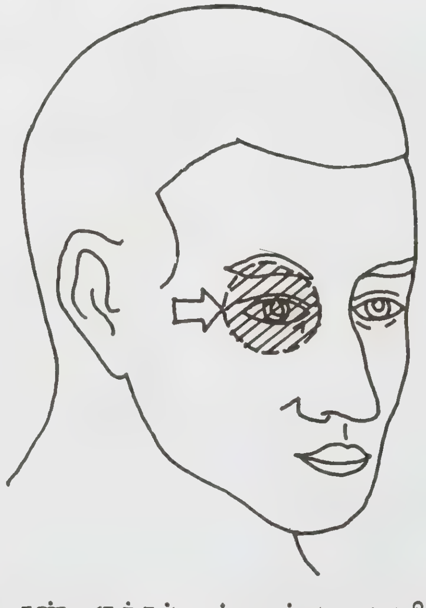
முதல்தர ஒற்றைத் தலைவலி

கோடாக அலை போன்ற தோற்றம், ஆங்காங்கே இருண்ட புள்ளிகள் கண் முன் தோன்றுதல் ஆகிய அறிகுறிகள் ஏற்படலாம். இதன் பின் 10-20 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு தலைவலி உண்டாகும். இது 1—6 மணி நேரம் வரை நீடிக்கும். சில சமயங்களில் 24 மணி நேரமும் தொடர்ந்து இருக்கும், வாந்தி, குமட்டல், கண் கூச்சம் முதலியன ஏற்படும். வலியின் தொடக்கத்திலோ முடிவிலோ குறிப்பிட்ட சில நரம்பு செயலிழந்து போய்விடும்; ஆனால் சிறிது நேரத்திற்குப் பின்னர் மீண்டும் பழைய நிலைக்கு வந்து விடும். சில சமயங்களில் வலி சில நாள் தொடர்ந்து நீடிக்கும். கண்பார்வையில் மாற்றம், பேச்சுத் தடைப்படுதல், ஒரு பக்கக் கை-கால் வாதம் அல்லது உணர்வு மரத்துப் போதல் முதலிய பின்விளைவுகளும் ஏற்படுவதுண்டு. குறிப்பாக இந்நோய் 10—30 வயதுக்குள் முதன் முறையாக வரும். இந்நோய் 60% - 75% பெண்களுக்கு ஏற்படுகிறது, 25% க்கு சிறு வயதில் தலைவலி ஏற்படவில்லை என்றாலும் வாந்தி தலை சுற்றல் ஆகியவை குறிப்பிட்ட காலங்களில் வரும் இரண்டாம் வகை மாறுபட்ட ஒற்றைத் தலைவலி (nonclassical migraine) எனப்படும். இதுவே பொதுவாகப் பலருக்கு ஏற்படும் ஒற்றைத் தலைவலியாகும். இவ்வகையில் வாந்தி முதலியன இல்லாமல் திடீரென ஒரு பக்கத் தலைவலி ஏற்பட்டு ஒரு சில மணி நேரத்திற்குப் பின் குறையும். இவைதவிரச் சிக்கலான பல ஒற்றைத் தலைவலி வகை உள்ளன. அவை பின்வருமாறு

ஒருமுக ஒற்றைத் தலைவலி (*racial migraine*). இதில் வலி, தலையின் கீழ்ப் பகுதியில் முகப் பகுதியையும் சேர்த்துப் பொறுக்க முடியாத வலி இருக்கும் (படம் 2)

கண்குத்தல் ஒற்றைத்தலைவலி (*ophthalmoplegic migraine*). இதில் பொறுக்க முடியாத வலி கண்

ஒரு முக ஒற்றைத் தலைவலி



கண் குத்தல் ஒற்றைத் தலைவலி

கொத்துத் தலைவலி

ணைச் சுற்றியும் கண் உள்ளும் மேற்குறிப்பிட்ட வாறு வந்து போகும் (படம் 3).

பக்க வாதத்துடன் கூடிய ஒற்றைத் தலைவலி (*hemiplegic migraine*). இந்த வகையில் ஒரு பக்கக் கை காலில் வாதம் ஏற்பட்டு அத்துடன் ஒரு பக்கத் தலை வலியும் வந்து போகும்.

கொத்துத் தலைவலி (*Cluster headache chronic migrainous neuralgia*). பொறுக்க முடியாத வலி, ஒரு பக்கக் கண்ணைச் சுற்றித் தலையின் பக்கத்தில் ½-2 மணி நேரம் இருந்து போகும் (படம் 4). இதில் முக்கியமாகக் கண் சிவந்து கண்ணீர் வடியும். மூக்கு அடைப்பும் சேர்ந்து வரும். பொதுவாக இரவில் தூங்க ஆரம்பித்த ஒரு சில மணி நேரத்தில் திடீரென்று மேல்குறிப்பிட்ட வலி ஏற்பட்டு 30-40 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை ஒரு நாளில் இரண்டு மூன்று முறை 8-12 வாரங்களுக்கு ஒரு தடவை வலி வந்து போகும். ஒற்றைத் தலைவலி உள்ளவர்கள் மிகவும் பயந்த தன்மை உடையவர்களாகவும் மனவலிமை அற்றவர்களாகவும் இருப்பர். பெண்களுக்கு வீட்டு விலக்கு ஏற்படுவதற்கு முன் ஒற்றைத் தலைவலி ஏற்படலாம். பசி நேரம், மனச் சுமை, சிக்கல் ஏற்படும் சூழ்நிலை முதலியவை வலியைத் தூண்டும் அல்லது மிகுதிப்படுத்தும்.

நோய்க் காரணங்கள். எரிச்சல்படுதல், விரக்தி அடைதல், மனமாற்றம், தூக்கமின்மை, வாந்தி முதலியவற்றால் அட்ரீனலீன், நார்அட்ரீனலீன், டோப்மின் ஆகியவை இரத்தத்தில் மிகுவதால் ஏரியா போஸ்ட்ரீமாவும் (area postrema) ஹைட்ப்போ தாலமசும் (hypo thalamus) தூண்டப்பட்டு இந்நோய்க் குறிகள் தோன்றுகின்றன.

இரத்தக் குழாயில் சுருங்கி விரியும் தன்மை மிகுந்து காணப்படுவதால் முதலில் இரத்த ஓட்டம் தடைப்பட்டு மூளைக்கு வேண்டிய இரத்த அளவு குறைகிறது. அதனால் நரம்பு வலிவு இழக்கிறது. அடுத்து இரத்தக்குழாய் விரிவடைவதால் இரத்தம் மிகுதியாக உள்ளே சென்று நரம்புகள் தூண்டப்படுவதால் தலைவலி ஏற்படுகிறது.

மருத்துவம். வலி ஏற்படுவதற்கு உரிய வாய்ப்புகளைத் தவிர்க்க வேண்டும். மன அமைதிக்கு உரிய மாத்திரைகளைக் கொடுத்து அமைதிப்படுத்தலாம். ஒற்றைத் தலைவலியுள்ள பெண்கள் கருத்தடை மாத்திரை சாப்பிடுவதைத் தவிர்க்க வேண்டும். செரட்டோனின் தடுப்பு மாத்திரைகள் (மெத்திசெர்ஜிட், கிப்ரோ ஹெப்டாடின்) ஹிஸ்டோமின் தடுப்பு மாத்திரைகள் (சிமெட்டிடின்) இரத்தக் குழாயைச் சுருங்கச் செய்யும் மாத்திரைகள் (எர்க் காட்டமின் டார்ட்டரேட்) போன்றவற்றை அளிக்கலாம்.

- கா. செல்லப்பன்

ஒற்றைப் படிகம்

படிகத் தன்மையுள்ள திண்மங்களில் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் ஓர் ஒழுங்கான முறையில் அடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவை ஒரு முப்பரிமாண அமைப்பாக உள்ளன. அலகுக்கூறு (unit cell) எனப் படும் ஒரு குறிப்பிட்ட அணு அல்லது மூலக்கூறின் தொகுப்பை மீண்டும் மீண்டும் அடுக்குவதன் மூலம் படிகத்தை உருவாக்கலாம். இம்முறையின் காலக் கெடுவின் தன்மை ஒரு பொருள் முழுதும் பரவி யிருக்கும்போது அது ஓர் ஒற்றைப் படிகம் (single crystal) எனப்படுகிறது. பல படிகங்கள் ஒன்றாக ஒட்டப்படுவதன் மூலமாகவோ, இரண்டாம் நிலைப் படிகக் கருவாக்கம் (nucleation) ஏற்படுவதன் மூலமாகவோ அல்லாமல் ஒரே ஒரு படிகக் கரு வளருவதன் மூலமாகவும் ஒற்றைப் படிகம் உருவாகிறது.

பிரிட்க்மேன் என்பார் உருவாக்கிய ஒற்றைப் படிக வளர்ப்பு முறையில் கீழ்முனை கூர்மையாக அமைந்த கூம்பு வடிவ அடிப்பக்கமுள்ள ஓர் உருளைக் கலத்தில் பொருள் உருக்கப்படுகிறது. பிறகு இக்கலம் குளிர்ந்த நீரில் மெல்ல இறக்கப்படும். கீழ்முனையில் ஒரு படிகக்கரு உருவாகி அது வளர்ந்து, ஒற்றைப் படிகமாக மாறுகிறது. சோக்ரால்ஸ்கி என்பார் உருவாக்கிய முறையில் ஒரு சிறிய ஒற்றைப் படிகவிதை (seed) உருகிய பொருளின் மேற்பரப்பில் வைக்கப்பட்டுப் பிறகு மெல்ல மேலே இழுக்கப்படுகிறது. அங்கு, குளிர்ந்த சூழல் இருப்பதால் படிக விதை ஒற்றைப் படிகமாக வளருகிறது. மிகப்பெரும் தூய்மையுள்ள ஒற்றைப் படிகங்கள் பகுதி உருக்கல் (zone melting) முறையில் உருவாக்கப்படுகின்றன. படிகக்கரு உருவாகத் தேவையான அளவைவிடக் குறைந்த மிகுதெவிட்டிய (super saturated) கரைசல் ஒன்றில் ஒரு படிக விதையை முழுக வைப்பதன் மூலமும் ஒற்றைப் படிகங்களை வளர்க்கலாம்.

உருகிய பொருளிலிருந்து ஒற்றைப் படிகங்களை வளர்க்கும்போது அவை கலத்தின் வடிவத்திலேயே அமைகின்றன. வளிம, நீர்ம அல்லது திண்மநிலைக் கரைசல்களிலிருந்து வளர்க்கப்பட்ட ஒற்றைப்படிகங்கள் அலகுக்கூறின் சமச்சீர்மையை எதிர்ஒளிக்கும் வகையில் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட வடிவத்துடன் அமைந்துள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக இந்துப்பு, அம்மோனியம் குளோரைடு போன்ற படிகங்களைக் கரைசல்களிலிருந்து வளர்க்கும்போது அவை 100 படிகத்தளங்களுக்கு இணையான முகங்களுடன் கூடிய கனசதுரங்களாகவோ, 111 படிகத்தளங்களுக்கு இணையான முகங்களுடன் கூடிய எண் முகத்திண்மமாகவோ (octahedron) அமைகின்றன. படிகங்கள் வளரும் விதம் வழக்கமாக இயக்கக் காரணிகளையே பொறுத்திருக்கிறது. அது சமநிலைத் தேவைகளின் அடிப்படையில் அமைவதில்லை.

ஒற்றைப் படிகங்களில் உள்ளிட எல்லைகள் காணப்படுவதில்லை. அவை தனிச்சிறப்பான எக்ஸ் கதிர் விலகல் விளைவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஓர் ஒற்றைப்படிகத்தால் உண்டாக்கப்படும் லாவே (laue) புள்ளிக் கோலத்தில் கூர்மையான செறிவுப் பெருமங்கள் கொண்ட ஒரு தனிச்சிறப்பான பண்பு காணப்படுகிறது. பல வகையான ஒற்றைப் படிகங்கள் திசையொவ்வாப் பண்பு கொண்டவை. அதாவது அவற்றின் சில இயற்பியல் பண்புகள் வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறாக உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாகத் தன்னிச்சையாகத் திசைப்பட்ட படிகத் துண்டுகளைக் கொண்ட ஒரு கிராஃபைட் கட்டியின் மின் தடையை எத்திசையில் அளந்தாலும் சமமாக இருக்கும். ஆனால் ஓர் ஒற்றைப் படிகக் கிராஃபைட்டின் மின்தடை வெவ்வேறு படிக அச்சுத் திசைகளில்மாறுபட்டுள்ளது. இத்திசையொவ்வாத் தன்மை, கட்டமைப்பைப் பொறுத்த பண்புகள், கட்டமைப்பைச் சார்ந்திராத பண்புகள் ஆகிய இரண்டிலுமே காணப்படுகின்றது. கட்டமைப்பைப் பொறுத்த பண்புகள் படிகத்திலுள்ள குறைகளால் பாதிக்கப்படுகின்றன, பிளவுறு தளங்கள் படிகத்தின் வளர்ச்சி வீதம் போன்றவை இத்தகையவை. மீள்திறன் குணகங்கள் கட்டமைப்பைச் சார்ந்திராத பண்புகளாகும். அவை படிகக் குறைகளால் தாக்கப்படுவதில்லை.

கட்டமைப்பைச் சார்ந்திராத ஒரு பண்பின் திசையொவ்வாத்தன்மை ஒரு தனிச்சிறப்பான குணகங்களின் கணத்தால் விளக்கப்படுகிறது. அவற்றை இணைத்துப் படிகத்தின் ஏதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் பேரளவுப் (macroscopic) பண்பைக் கண்டு பிடித்துவிடலாம்.படிகத்தின் சமச்சீர்மையைக்கணக்கிலெடுத்துக் கொண்டால் இதற்குத் தேவையான குணகங்களின் எண்ணிக்கையைப் போதுமானதாகக் குறைத்துக் கொள்ள முடியும். ஒரு குறிப்பிட்ட பண்புக்குத் திசையொவ்வாத்தன்மை இருப்பதும் இல்லாததும் படிகத்தின் சமச்சீர்மையைப் பொறுத்தது. படிகத்தின் வலிமை, விரவல் குணகங்கள் போன்ற கட்டமைப்பைச் சார்ந்த பண்புகள் பல சமயங்களில் அணுக்களின் மட்டத்தில் படிகத்தின் உள்ளிடப் பிழைகளால் தாக்கப்படுவனவாகத் தோன்றும்.

– கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி R.A. Laudise, *The Growth of Single Crystals*, Prentice-Hall, New Jersey, 1970.

ஒற்றை மின்மாற்றி

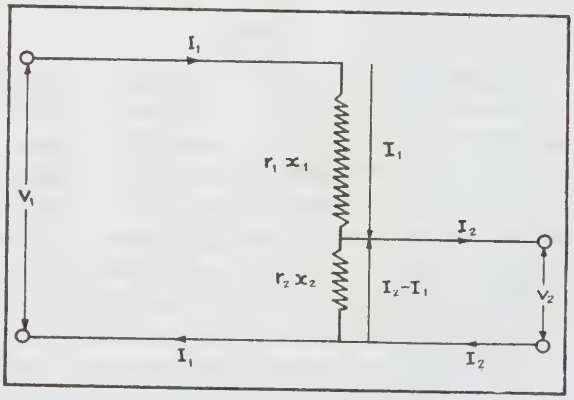
மின்மாற்றி (transformer) மின்னாற்றலை முதன்மைச் சுருணையிலிருந்து இரண்டாம் சுருணைக்கு மாற்றுகிறது. இதில் மின்னழுத்தம் முதல் சுருணைகளில் பெறப்பட்டு, மாறுபட்ட மின்னழுத்தமாக இரண்டாம் சுருணைகளில் வெளிமுனைகளில் பெறப்படுகிறது. முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் சுருணைகளில் சுருள்களின் எண்ணிக்கை மாறுபட்டால் மின் அழுத்த மாறுபாடு ஏற்படுகிறது.

ஒற்றை மின்மாற்றி (auto transformer) இரு சுருணை மின்மாற்றிகளினின்றும் மாறுபட்டது. ஒரே சுருணையில் ஒரு பகுதி, உள்தருகை (input) வெளியீடு (output) இரண்டிற்கும் பயன்படுகிறது. இரு மின்னோட்டங்களும் அப்பகுதியின் வழியே பாய்கின்றன.

மிகு அழுத்தச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம், பொதுச் சுருணை, தொடர்பு இணைப்புச் சுருணை ஆகிய இரு பகுதிகளின் வழியாகவும் செல்கிறது. குறை அழுத்தச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம், பொதுச்சுருணைப் பகுதியின் வழியே பாய்ந்து, மிகு அழுத்தச் சுற்றின் மின்னோட்டத்திசையுடன் கூடுவதன் மூலம் பொதுச் சுருணை மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. மிகு அழுத்தம், குறை அழுத்தச் சுருணைகளுக்கிடையே மின்வழி இணைப்பு உள்ளது. சுருணையின் பகுதிகளை இவ்வாறு பகிர்ந்து கொள்வதால் ஒரே கிலோ வோல்ட் ஆம்பியர் திறனுள்ள இருசுருணை (double winding) மின்மாற்றியைவிட ஒற்றை மின்மாற்றி, பரிமாணம், எடை ஆகியவற்றில் குறைந்து காணப்படும்.

பெரிய அளவுள்ள ஒற்றை மின்மாற்றிகள் உயர் அழுத்த மின்தொகுதிகளை இணைக்கின்றன. மேலும் அவை மின்னழுத்த ஊக்கிகளாகவும் (booster) சமன் சீராக்கிகளாகவும் பயன்படுகின்றன. சிறிய பரிமாணமுள்ள ஒற்றை மின்மாற்றிகள் தூண்டல் மின்னோடிகளைத் (induction motor) தொடக்குவதற்குப் (for starting) பயன்படுகின்றன.

ஒற்றை மின்மாற்றி, (ஒற்றைத் தறுவாய்) சுற்றுவழி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் முதல்



ஒற்றை மின்மாற்றி

சுருணையில் T_1 சுற்றுகள் உள்ளன என்று கொள்ள லாம். வெளியீடு அதன் T_2 சுற்றுகள் உள்ள இடத் தில் எடுக்கப்படுகிறது என்று கொள்ளலாம். வெளி யீட்டு மின்னழுத்தம் V_2 என்றும், மின்னோட்டம் I_2 என்றும் கூறலாம்.

அதற்கான உள்ளீடு அழுத்தம், மின்னோட்டம் என்பன V_1, I, எனலாம். இழப்புகளைக் கணக்கில் கொள்ளாவிட்டால் $\frac{V_1}{V_2} = I_2/I_1 = T_1/T_2$ சாதாரண இரு சுருணை மின்மாற்றி போன்றே ஆம்பியர் சுற்றுகள் I_2 T_2, $I_1 T_1$ ஐ எதிர்க்கும். ஆகவே சுருணை யின் பொதுப்பகுதியில் $(I_2\text{-}I_1)$ மின்னோட்டம் பாயும்.

சுருணை முழுதும் ஒரே அளவு மின்னோட்ட அடர்த்தி என்று கொண்டால் சிறிய கடத்தி குறுக் களவே போதும்.

$$\text{கடத்திப் பொருள் அளவுவிகிதம்} = \frac{\text{ஒற்றை மின்மாற்றி}}{\text{இருசுருணை மின்மாற்றி}}$$

$$= I_1 (T_1 - T_2) + (I_2 - I_1) T_2/I_1 T_1 + I_2 T_2$$

$$= 1 - \frac{2}{(T_1/T_2) + (I_2/I_1)} = 1 - (V_2/V_1)$$

மேற்காணும் சமன்பாட்டிலிருந்து V_1 இன்மதிப்பு V_2 ஐ நெருங்கச் சேமிப்பு மிகுதியாகிறது என்று உணரலாம். $V_2 = V_1$ என்றால் சமன்பாட்டின்படி ஒற்றை மின்மாற்றிக்குக் கடத்தி எதுவும் தேவை யில்லை. ஏனெனில் மின்மாற்றியே தேவையில்லை.

பொருள், விலையில் உள்ள சேமிப்பு, குறிப் பிட்டதைவிடக் (மின்மாற்றியில் உள்ளதைவிட) குறைவாகவே இருக்கும். ஏனெனில் உள்ளகம் சாதாரண மின்மாற்றி அளவே இருக்கும். மின் மாற்றியின் விலை, திறன் ஆகியவை இவற்றின் கி. வோ. ஆம்பியருக்கு நேரடிப்பொருத்தம் உடையன அல்ல. 2:1 என்ற மின்னழுத்த விகிதத் திற்கு ஏறக்குறைய 50% செம்பு மீதமாகலாம். ஒற்றை மின்மாற்றி அதே நியமம் கொண்ட இரு சுருணை மாற்றியின் விலையில் 70% ஆகும்.

வெளிப்பெறு கி. வோ. ஆ. திறன், நிலையான வெளிப்பெறு மின்னோட்டம், பளுவின் மின் எதிர்ப்பு ஆகியவற்றிற்கேற்பப் பல ஒற்றைமின் மாற்றிகள் ஒவ்வொரு பிரிவிற்கும் ஏற்ற கடத்திப் பகுதியுடன் வடிவமைக்கப்படக்கூடும். உற்பத்தி முறையில் அவை சிக்கலானவையாகும்.

மின்னழுத்தவிகிதம் 3:1ஐத் தாண்டினால் ஒற்றைமின் மாற்றிகள் மின்னோடித்தொடக்கம் தவிர வேறு நோக்கங்களுக்குப் பயன்படுவதில்லை. ஏனெனில் அவற்றால் தீய விளைவுகள் ஏற்படக்கூடும். இரண்டு பகுதிகளுக்கும் இடையே உள்ள நேரடி மின்வழி இணைப்பால் ஒரு பகுதியில் ஏற்படும் தொல்லைகள் மற்றொரு பகுதியைத் தீவிரமாகப் பாதிக்கின்றன.

முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் சுருணைகள் ஒருங்கே இயங்குவதால் மின்மறுப்புக் குறைவதாலும், மின்னோட்ட மதிப்புக் குறைவதாலும் குறுக்கு இணைப்பின் நிலைமைகள் மிகவும் தீவிரமாக உள்ளன. ஒற்றை மின்மாற்றிகள், தொழிற்சாலை களில் உயர் திறனுள்ள மின்னோடிகளை இயக்கவும், ஆய்வு செய்யவும் பயன்படுகின்றன.

மடை சுற்றுகளின் விகிதத்தை மாற்றும் பொருட்டு, ஒற்றை மின் மாற்றிகளில் மடை(tap). வைக்கப்படும். மின்மாற்றியின் செயல் எல்லைக்குள் வெளி அமைப்பு அழுத்தத்தையும் கட்டுப்படுத்த இது உதவுகிறது. இம் மடை பொதுப்பகுதியிலோ, தொடர் இணைப்பகுதியிலோ இடம் பெறும். பளுவுடன் மடைகளை மாற்றும்போது காணப்படும் சிக்கல்கள் இருசுருணை மின் மாற்றிக்கு ஒப்பான வையேயாகும். மின்சாரம் வழங்கலைத் தடை செய்யாமலேயே மடைகளை ஒன்றிலிருந்து அடுத்தடுத்து மாற்றலாம்.

ஆய்வுக்காகச் சிறிய மாறுவிகித ஒற்றை மின் மாற்றிகள் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் ஒரு மின் தொடித் தொடுவானைச் (brush contact) சுற்றுகளின் குறுக்கே நகர்த்துவதன் மூலம் மிகு அழுத்தத்தில் 100→0%வரை மாறுபடும் அழுத்தத்தை வெளிப்பெற முடியும்.

சிறிய மற்றும் நடுத்தர வகை ஒற்றைமின் மாற்றிகள் மிகவும் குறைந்த விலை உடையவை. பல்வேறு நோக்கங்களுக்கு நிறைவான பயனளிக் கின்றன. இவை மின்விசிறிகள், தையல் எந்திர ஓடிகள் ஆகியவற்றிற்குத் தேவைப்பட்டால் குறை மின்னழுத்தத்தில் மின்சாரம் வழங்கக்கூடியவை.

கூடு சுழலிகள் கொண்ட தூண்டல் மின்னோடி களுக்கான ஒற்றை மின்மாற்றித் தொடக்கிகளின் முத்தறுவாய் நட்சத்திர இணைப்புகளில் (three phase star eonnection) ஒற்றை மின்மாற்றி, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மடைகள், இருவழித்திறப்பான், மிகு மின்னோட்டம், குறை அழுத்தக் காப்பு ஆகியவை இடம்பெறுகின்றன. இத்தகைய கருவி சில நொடிகள் இயங்கினால் போதும் (அதாவது மின்னோடி செந்தர வேகத்தை எட்டும் வரை). ஆகவே விலைக் குறைப் பின் பொருட்டு அதை உயர் மின்னோட்டம், பாயும் அடர்த்தி (flow density) ஆகியவற்றிற்கு ஏற்ப வடிவமைத்தால் போதும்.

மின்னழுத்தச் சீராக்கல். ஒற்றை மின்மாற்றிகளை எதிர்வினைப்பிகளைப் பயன்படுத்தி, மின்னூட்டி களில் ஏற்படும் மின் அழுத்தக்குறைவை ஈடுசெய்ய

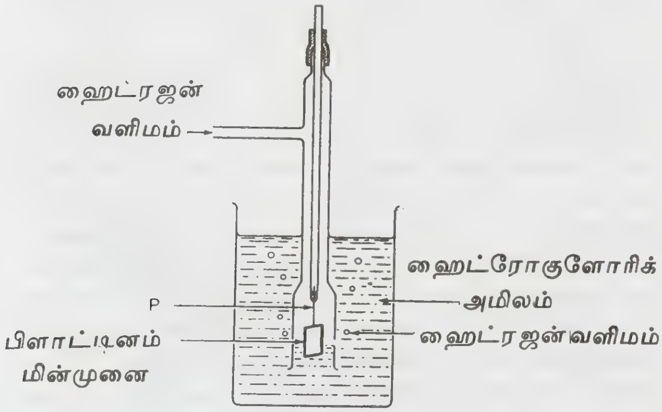
முடியும். ஒன்றை எட்டும் திறன் காரணி கொண்ட பளுக்களில் இது பெரும அளவு ஏற்புடையதாகும். வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தை 6% வரை உயர்த்தலாம். அவ்வாறே ஒற்றை மின்மாற்றிகளைக் கொண்மிகளுடன் பயன்படுத்துவதன் மூலம் வெளியீட்டு மின் அழுத்தத்தைப் பெருக்கலாம். குறைந்த திறன் காரணி கொண்ட பளுக்களில் இத்தகைய அமைப்பு மிகவும் பயனளிக்கிறது.

-எஸ். சுந்தரசீனிவாசன்

ஒற்றை மின்முனை

இரு மின்முனைகளால் ஆன மின்கலத்தின் ஒரு மின்முனையில் ஆக்சிஜனேற்றமும், மற்றொன்றில் ஒடுக்க வினையும் நிகழ்கின்றன. அதாவது ஒரு மின்முனையில் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்படும்; மற்றொன்றில் அவை ஏற்கப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, டேனியல் மின்கலத்தில் துத்தநாக மின்முனையில் ஆக்சிஜன் ஏற்றமும், தாமிர மின்முனையில் ஒடுக்கமும் நிகழ்கின்றன. ஒவ்வொரு மின்முனையும் ஓர் ஒற்றை மின்முனை ((single electrode) எனப்படும். இரு ஒற்றை மின்முனைகள் இணைந்து மின்சுற்றை நிறைவு செய்கின்றன.

ஒவ்வொரு மின்முனைக்கும் எலெக்ட்ரான் இழப்பு அல்லது ஏற்புத் திறன் உண்டு. இத்திறனின் விளைவாகத் தோன்றுவதே, மின்முனை அழுத்தம் (electrode potential) எனப்படும். ஆக்சிஜனேற்ற வினை நிகழும் திறனை ஆக்சிஜனேற்ற மின்னழுத்தம் (oxidation potential) என்றும், ஒடுக்கத் திறனை ஆக்சிஜன்



செந்தர ஹைட்ரஜன் மின்முனை

படம்

ஒடுக்க மின்னழுத்தம் (reduction potential) என்றும் குறிப்பர். ஒரு மின்கலத்தில் உள்ள இவ்விரு ஒற்றை மின்முனைகளின் நிகர மின் அழுத்தமே அக்கலத்தின் மின் உந்த விசை ஆகும்.

அனைத்துலகத் தனி, பயனுறுவேதியியல் கழக (IUPAC) முறைப்படி ஒடுக்க வினை நிகழ்ந்தால் அதன் மின்முனை அழுத்தம் நேர் குறியீட்டாலும், ஆக்சிஜனேற்ற வினை நிகழ்ந்தால் எதிர்க்குறியீட்டாலும் குறிக்கப்படும். எனினும் செந்தர (standard) ஹைட்ரஜன் ஒற்றை மின்முனையின் மின்முனை அழுத்தம் பூஜ்யமெனக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஒற்றை மின்முனைகளில் பலவகை உண்டு. இவற்றில் செந்தர ஹைட்ரஜன் மின்முனை இன்றியமையாததும் அடிப்படையானதும் ஆகும். இம்மின்முனையில் ஒரு மோலார் HCl கரைசலில் மூழ்கியுள்ள பிளாட்டினம் தகடு மின்முனையாகச் செயல்படும். இக்கரைசல் வழியாக வளிமண்டல அழுத்தமுள்ள ஹைட்ரஜன் வளிமம் செலுத்தப்படும். இந்நிலையில் இம்மின்முனை அழுத்தம் பூஜ்யமாகும். இதன் உதவியால் பிற ஒற்றை மின்முனைகளின் மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடலாம்.

உலோகம்-உலோக அயனிகள் சமநிலையில் உள்ள மின்முனைகள் செயல்முறையில் பயனுள்ளவை. துத்தநாகக் கம்பி, துத்தநாக சல்ஃபேட் கரைசலில் வைக்கப்படுதல் இவ்வகைக்கு எடுத்துக்காட்டாகும். இவ்வகையில் நிகழும் மின்முனை வினையைக் கீழ்க் காணுமாறு எழுதலாம்:

$$M \rightleftharpoons M^{2+} + 2e^-$$

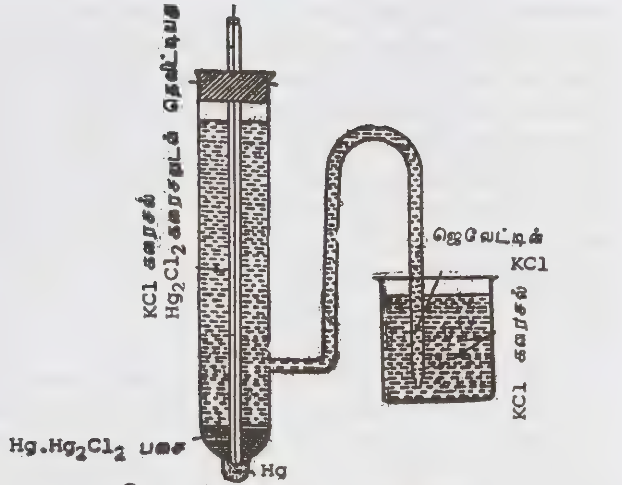
வளிம ஒற்றை மின்முனைகளும் உள்ளன. குறிப்பிட்ட செறிவுள்ள ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலக் கரைசலில் பிளாட்டினம் மின்முனை வைக்கப்பட்டுக் குறிப்பிட்ட அழுத்தத்துடன் குளோரின் வளிமம் செலுத்தப்படும் அமைப்பு இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். இம்மின்முனை Pt, Cl_2 வளிமம் Cl^- என்று குறிக்கப்படும். இங்கு நடைபெறும் மின்முனை வினை

$$\tfrac{1}{2}Cl_2\ (\text{வளிமம்}) + e^- \rightleftharpoons Cl^-$$

ஆக்சிஜன் மின்முனையும் உண்டு. அதன் வினை:

$$O_2\ (\text{வளிமம்}) + 2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 4OH^-$$

கலோமல் ஒற்றை மின்முனை, செய்முறையில் மிகவும் பயன்படும் மின்முனை ஆகும். இதை எளிதில் ஆய்வுக்கூடத்தில் உருவாக்கிப் பயன்படுத்தலாம். இம்மின்முனை (Hg, Hg_2Cl_2, KCl) (கரைசல்) எனக் குறிக்கப்படும். இதில் ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின் அடிப்பகுதியில் மிகத் தூய்மையான பாதரசம் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். கண்ணாடிக் குழாயால்



கலோமல் ஒற்றை மின்முனை

மூடப்பட்ட பிளாட்டினம் கம்பியின்முனை இப் பாதரசத்தில் மூழ்கி இருக்கும். பாதரசம், பாதரசம் (I) குளோரைடு பசையால் மூடப்பட்டிருக்கும். இப் பசையின் மேல் பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இங்கு நடைபெறும் மின்முனை வினை,

$$Hg_2\ Cl_2\ _{(\text{திண்மம்})} + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg\ _{\text{நீர்மம்}} + 2Cl$$

- மு. லியாக்கத் அலிகான்

ஒன்றிய சமச்சீர்மை

இது தோராயமான உள்ளிடச் சமச்சீர்மை விதிகளில் ஒன்றாகும். ஒரு துகள் அமைப்பில் அனைத்துத் துகள் களையும் n துகள்கள் அடங்கிய ஓர் அடிப்படைத் தொகுப்பின் சேர்மங்களாக விவரிக்க அந்த அடிப் படைத் தொகுப்பு ஒரு தன்னிச்சையான ஒன்றிய மாற்றத்துக்கு (unitary transformation) ஆளாகும் போது துகள் அமைப்பின் அனைத்து இயற்பியல் பண்புகளும் மாறாமலும் இருக்குமானால் அது SU_n என்னும் உள்ளிடச் சமச்சீர்மை பெற்றிருப்பதாகச் சொல்லப்படும்.

ஓர் அணுவிலுள்ளதைப் போன்ற நிலைமின் விசைகளால் எலெக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சி தாக்கப் படாமலிருப்பதை இதற்கு ஒப்பான நிகழ்வாகக் கூறலாம். அதிலுள்ள அடிப்படைத் தொகுப்பு இரண்டு துகள்கள் கொண்டதாகும். அந்த இரட்டை யில் மேல் நோக்கிய தற்சுழற்சியுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானும். கீழ் நோக்கிய தற்சுழற்சியுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானும் உள்ளன. இவ்விரு நிலைகளை $|u>$ எனவும் $|d>$ எனவும் குறிக்கலாம். அவற் றில் பின்வரும் மாற்றங்கள் ஏற்படுவதாகக் கொள்ள லாம்.

$$|u> \rightarrow \alpha|u> + \beta|d>$$

$$|d> \rightarrow -\beta^*|u> + \alpha^*|d>$$

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

இங்கு α, β என்பவை கூட்டு எண்கள். இம்மாற்றம் வெளிச் சுழற்றப்படுவதை ஒத்ததாகும். α, β ஆகிய வற்றைச் சுழற்சியை விளக்கும் மூன்று எண்களின் அடிப்படையில் குறிப்பிடலாம். இச்சுழற்சியால் ஆற்றல் தற்சிறப்பு மதிப்புகள் (energy eigenvalues), மின் அடர்த்தி போன்ற எந்த இயற்பியல் பண்பும் மாற்றப்படுவதில்லை.

இத்தகைய ஒரு சுழற்சியால் பல எலெக்ட்ரான் களின் நிலைகள் சிதைவடையும். எடுத்துக்காட்டாக $(|u,d> - |d,u>)/\sqrt{2}$ என்னும் இரட்டை எலெக்ட்ரான் நிலை சுழற்சியால் மாறுவதில்லை. ஆனால் எஞ்சியுள்ள $|u,u>$, $|d,d>$, $(|u,d> + |d,u>)/\sqrt{2}$ ஆகிய மூன்று இரட்டை எலெக்ட்ரான் நிலைகளின் அவற்றின் நேர்போக்குக் கூட்டுகளாக மாறிவிடுகின்றன. இது ஒற்றை (singlet) மற்றும் மும்மைத் (triplet) தற்சுழற்சி நிலைகளுக்குச் சிதைவடைவதாகும். அதாவது மொத்தத் தற்சுழற்சி (S) முறையே 0, 1 ஆகிய மதிப்புகளை உடைய தாகிறது. அவற்றுக்குள் கலப்பு ஏற்படாதது, சுழற்சி யால் (S) மாறாமலிருப்பதற்குச் சமமாகும். இரண்டு நிலைகளின் அனைத்து மாற்றங்களும் அடங்கியகுழு அவற்றின் $<u|d>=0$, $<u|u>=<d|d>=1$ என்னும் திசையிலி பெருக்கற் பலன்களை மாறாமல் வைத்துக் கொள்ளும் வகையில் அமைந் தால், அது u_2 என்னும் இரட்டைப் பரிமாண ஒன்றிய குழு (unitary group) எனப்படும். 1-ஆம் சமன்பாடுகள் குறிப்பிடுகிற மாற்றங்கள் Su_2 என்னும் துணைக் குழுவாக அமையும். அதில் இருநிலைகளின் கட்டங் களில் சமமான அளவு மாற்றமே ஏற்படாது.

மின் சாராமை. இத்தகைய ஒரு குழுவில் வலிமை யான இடைவினைகள் மாறிலியாக இருக்கும். நூக்ளி யானை அடிப்படை இரட்டையாகக் கொள்ளலாம். அதில் புரோட்டான் மேல் நோக்கிய தற்சுழற்சி நிலையாகவும் நியூட்ரான் கீழ் நோக்கிய தற்சுழற்சி நிலையாகவும் இருக்கும். Su_2 சமச்சீர்மை மின் சாராமை (change independence) அல்லது i-தற் சுழற்சி மாறாமை (i-spin conservation) எனப்படும். இது i-தற்சுழற்சி I எனப்படும் எலெக்ட்ரான் தற் சுழற்சிக்கு இணையானது. நியுக்ளியானின் i-தற்சுழற்சி $\frac{1}{2}$ ஆகும். பையானின் (pion) i-தற்சுழற்சி 1. பையானை ஒரு நியூக்ளியான் இணையின் மும்மை நிலையாகக்கொண்டு i-தற்சுழற்சிகளின் காரணமாகப் பையான் நிலைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களை விளக்கு முடியும் என்றாலும், நியூக்ளியான் மாறாமை என்னும் வேறொரு சமச்சீர்மையை விளக்கப் பையானை ஒரு

நியுக்ளியான், ஓர் எதிர் நியுக்ளியான் ஆகியவற்றின் கூட்டமைப்பாகக் கருத வேண்டியுள்ளது. i-தற்சுழற்சிகளின் கீழான பையான் நிலை மாற்றங்களை விளக்கவே இவ்வாறு குறிப்பிடப்படுகிறது. பையான் உண்மையில் நியுக்ளியான், எதிர் நியுக்ளியான் ஆகியவற்றின் கூட்டு அல்ல.

Su_3 **சமச்சீர்மை.** அயல் துகள்கள் (strange particles) இருப்பதிலிருந்து வலிய இடைவினைகளின் சமச்சீர்மைக் குழு மேலும் பெரிது என்று தெரிகிறது. அயல் தன்மை (strangeness) என்னும் வேறொரு குவாண்ட்டம் எண் மாறாமல் வைக்கப்படுகிறது. அயல் தன்மையைச் சுமப்பதற்காக $1\lambda>$ என்னும் மூன்றாம் அடிப்படைத்துகள் ஒன்றைக் கற்பித்துக் கொள்வதன் மூலம் இம்மாறாமை பெறப்படுகிறது. ஒரு i-தற்சுழற்சி ஒற்றைத்துகள் ஆகும். நியுக்ளியான், லாம்டா துகள் ஆகியவற்றின் கட்டங்களுக்கிடையில் சார்பியல் மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் இக்கூடுதலான சமச்சீர்மை மாறாது. ஓரளவான எண்ணிக்கையில் அயல்துகள்களை ஆய்வு செய்த பிறகு அவை பழைய துகள்களுடன் பன்மைகளாகக் (multiplets) குழுமியிருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஒரு குழுவிலுள்ள அனைத்துத் துகள்களுக்கும் கால-வெளி குவாண்ட்டம் எண்கள் சமமாக இருந்தன. ஆனால் அவற்றின் நிறைகள் ஒரே மாதிரியாக இருந்தும் சமமாக இல்லை. இதிலிருந்து மேலுமொரு பெரிய சமச்சீர்மை இருப்பதாகத் தோன்றியது. இச்சமச்சீர்மை, அடிப்படைத் துகள்களின் ஒரு மும்மையின் ஒன்றிய மாற்றங்களின் குழு எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அது Su_3 எனக் குறிக்கப்படுகிறது. இதை ஒன்றிய சமச்சீர்மை எனவும் பொதுவாகக் குறிப்பிடுவதுண்டு. மேலே விளக்கப்பட்ட i தற்சுழற்சி, அயல் தன்மை ஆகியவற்றின் கூட்டுச் சமச்சீர்மை Su_3இன் ஒரு துணைக் குழுவாகும்.

Su_2இன் அனைத்து இயன்ற பன்மைகளும் (possible multiplets) இயற்கையில் காணப்படுகின்றன. ஆனால் மூன்றின் முழு எண் மடங்குகளுக்குச் சமமான எண்ணிக்கையில் அடிப்படைத் துகள்களைக் கொண்ட அடிப்படை மும்மைத் துகள் சேர்மங்களாகக் கருதப்படக்கூடிய பன்மைகள் மட்டுமே Su_3 இல் காணப்படும். குறிப்பாக அடிப்படை மும்மையாகக் கருதக்கூடிய துகள் காணப்படுவதேயில்லை. இவ்வாறு இருப்பினும் ஹேட்ரான்கள் எனப்படும் வலிமையான இடைவினை செய்யும் துகள்களை மூன்று குவார்க்குகளின் சேர்மங்களாகக் கற்பித்துக் கொள்வதன் மூலம் ஹேட்ரான்களின் நடத்தைகளைப் பண்பறுதியாகவும், விரிவாகவும் விளக்க முடிகிறது.

SU_N **சமச்சீர்மை.** ஹேட்ரான்களுக்கு SU_N என்னும் தோராயமான சமச்சீர்மை உள்ளதாகத் தெரிகிறது. இதில் N என்பது குவார்க் வகைகள் அதாவது சுவைகளின் (flavors) எண்ணிக்கை, ஐவகைச் சுவையுள்ள குவார்க்குகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. மேல், கீழ், அயல், சார்ம் (charm), அடி (bottom) என அவை குறிக்கப்படுகின்றன. அடிக் குவார்க்குக்கு இணையாக மேலும் ஒரு குவார்க்கு இருப்பதாக நம்பப்படுகிறது. ஆனால் இயன்ற நிறை மிக்க குவார்க்குகளின் மொத்த எண்ணிக்கை தெரியவில்லை. ஆறு வகையான லெப்டான்களும் (leptons) இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் தோன்றும் SU_6 சமச்சீர்மை அவற்றின் வலிமையற்ற இடைவினைகளில் பங்கு வகிக்கிறது.

நிற SU_3. குவார்க்குகளின் அடிப்படையில் ஹேட்ரான்களை விளக்க முனையும்போது, குவார்க்குகளுக்குத் தற்சுழற்சி, சுவை ஆகியவற்றுடன் நிற எண்ணும் குவாண்டம் எண்ணும் இருப்பதாகவைத்துக் கொண்டாலே பேரியான்களின் நடத்தைகளைச் சரியாக விளக்க முடிகிறது. அதனால் ஏற்படும் SU_3 நிறச்சமசீர்மை நுட்பமானதாகக் கருதப்படுகிறது. அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட சுவையும் வெவ்வேறு நிறங்களும் கொண்ட குவார்க்குகள் முற்றிலும் சமானமானவை எனக் கொள்ளப்படுகிறது. ஆனாலும் இச்சமச்சீர்மை வெளித் தெரிவதில்லை. அனைத்துத் தனித்துகள்களும் சமச்சீர்மையின் ஒற்றைக் குறியீட்டைச் சேர்ந்தவையாக இருப்பது இதற்குக் காரணமாக இருக்கலாம்.

சார்பியலற்ற சமச்சீர்மைகள். முற்றிலுமான உள்ளிடத் தன்மையற்ற ஒன்றிய சமச்சீர்மைகளும் உள்ளன. அவற்றில் அடிப்படைத் துகள்களுக்கிடையிலான இடைவினை தற்சுழற்சியைச் சார்ந்திராததாகக் கொள்ளப்படுகிறது. எடை குறைவான அணுக்கருக்களில் இத்தகைய தோராயமான சமச்சீர்மை இருப்பதாக விக்னர் கருதினார். அங்குள்ள அடிப்படைத் துகள், நான்கு (quartat) நிலையுள்ளது. மேல் தற்சுழற்சியுள்ள புரோட்டான், கீழ்த் தற்சுழற்சியுள்ள புரோட்டான், மேல் தற்சுழற்சியுள்ள நியுட்ரான், கீழ்த் தற்சுழற்சியுள்ள நியுட்ரான் ஆகியவையே அந்த நிலைகள் ஆகும். எனவே அச் சமச்சீர்மைக்குழு SU_4 எனப்படும். இதே போல SU_3 குவார்க்குகளின் இடைவினைகள் தற்சுழற்சி சாராதவை என வைத்துக் கொண்டால், சமச்சீர்மைக் குழு SU_6 ஆகும். ஒரு சார்பியல் கொள்கையில் இத்தகைய ஒன்றிய சமச்சீர்மைகள் நுட்பமானவையாக இருக்க முடியாது. ஆனால் சிறும ஆற்றல் நிலைகளுக்காவது அவை தோராயமாகச் சரியாக இருக்க முடியும்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒன்றிய புலக்கோட்பாடு

ஈர்ப்புக் கோட்பாடு (gravitational theory) மின்காந்தக் கோட்பாடு (electromagnetic theory) ஆகிய

இரண்டையும் இணைக்கும் கோட்பாடு ஒன்றிய புலக்கோட்பாடு (unified field theory) ஆகும். ஈர்ப்புக் கோட்பாட்டையும், மின் காந்தக் கோட்பாட்டையும் இணைத்து ஐன்ஸ்டைனின் சார்பியல் கொள்கையை விளக்குவதே ஒன்றிய புலக்கோட்பாட்டின் நோக்கமாக அறிவியலறிஞர்கள் அன்று கருதியிருந்தனர். அவ்வாறன்றித் தனிமங்கள் அடிப்படைத் துகள்கள் ஆகியவற்றின் பண்புகளை விளக்குவதாகவும், விண்மீன்கள் கோள்கள் ஆகியவற்றின் பயணங்களை விளக்குவதாகவும், அணுவினுள் நிகழும் குவாண்ட்டம் நிகழ்ச்சிகளை விளக்குவதாகவும் ஒன்றிய புலக் கோட்பாடு அமைதல் வேண்டும் என இன்று கருதப்படுகிறது.

விண்வெளி, நேரம், ஈர்ப்பு ஆகியவை பற்றிச் சார்பியல் கொள்கை விளக்கமளிக்கிறது. எனினும் அவை பற்றி முற்றிலும் அறிவது கடினம். அவ்வண்ணமே குவாண்ட்டம் கொள்கை அணுவைப் பற்றி விளக்கம் அளிக்கிறது. எனினும் அணு பற்றிய பல கருத்துகள் உணரமுடியாத அளவிலேயே இருந்து வருகின்றன.

ஈர்ப்புப் புலம் பெரும் பொருள்களால் உருவாகிறது. அதை 10செயல் கூறுகளால் (functions) விளக்கலாம். மின்காந்தப் புலம் எலெக்ட்ரான்களால் உருவாகிறது. இதை விளக்க 6 செயற்கூறுகள் உள்ளன. மேற்குறிப்பிட்ட இவ்விரு புலங்களும் பருப்பொருளாகவும் (matter) புலமாகவும் காட்டும் தன்மை பெற்றவை.

ஈர்ப்புப் புலத்தில் ஒரு பொருளின் பயணம் அதன் பொருண்மையைச் சார்ந்ததன்று. ஆனால் மின்காந்தப் புலத்தில் பொருளின் பயணம் அதன் மின்னூட்டத்துக்கும் பொருண்மைக்குமுள்ள விகிதத்தைச் சார்ந்தது. இவ்விரு புலங்களின் வலிமைக்கும் மிகுந்த வேறுபாடு உண்டு. இரு எலெக்ட்ரான்களுக்கு இடையிலான மின்காந்தப் புலத்தின் வலிமைக்கும் ஈர்ப்புப் புலத்தின் வலிமைக்குமுள்ள விகிதம் ஏறக்குறைய 4×10^{42} ஆகும். இத்தகைய வேறுபட்ட பண்புகளைக் கொண்ட புலங்களை ஒன்றியப் புலக் கோட்பாடு இணைத்தல் வேண்டும்.

ஒன்றியப்புலக் கோட்பாடு ஓர் அடிப்படைக் கோட்பாடாகவும் அதில் வெவ்வேறு விதிமுறைகளைப் புகுத்தி ஈர்ப்புப் புலத்தையும் மின்காந்தப் புலத்தையும்விளக்கும்படியாகவும் அமைதல் வேண்டும் என ஐன்ஸ்டைன் கருதினார். அத்தகைய ஒன்றியப் புலத்தின் சமன்பாடுகள் பருப்பொருளின் சமன்பாடுகளைத் தரும். ஒரு கணத்தில், திறனில் (energy) உருவாகும் வேறுபாடு பருப்பொருளுக்குச் சமமாகும். ஒன்றிய புலத்தில் ஓர் எலெக்ட்ரான் ஒரு சிறு பகுதியைக் குறிக்கும். அதன் மையத்தில் புலச் செறிவு (field intensity) மிகுதியாகவும் வெளியில் மிகக் குறைவாகவும் இருக்கும். அதாவது பருப்பொருள் என்பது திறனின் செறிவு (concentration) ஆகும்.

ஐன்ஸ்டைன் 4 பரிமாணங்களைக் கொண்டு ஒன்றிய புலக்கோட்பாட்டை விளக்க முனைந்தார். டி. கலூசா என்பவர் 5 பரிமாணங்களைப் புகுத்தினார். அவர்தம் முயற்சி பயனின்றி முடிவடைந்தது. 1925 இல் குவாண்ட்டம் கொள்கையை ஷராடிஞ்சரும் ஹைசன்பெர்க்கும் கண்டுபிடித்தனர். அதுவரை ஒன்றிய புலக்கோட்பாடு பற்றி வல்லுநர்கள் கொண்டிருந்த எண்ணம் மாறத் தொடங்கியது. ஒன்றிய புலக்கோட்பாடு பயனுடையதாயிருக்க வேண்டுமெனில் குவாண்ட்டம் கொள்கையையும் உள்ளிட்டதாயிருக்க வேண்டும் என்னும் கருத்து அறிவியல் வல்லுநர்களிடையே வளரத் தொடங்கியது. இதில் லண்டன், போர் ஆகியோரின் முயற்சிகள் ஐன்ஸ்டைனின் முயற்சியைப் போல் தோல்வியடைந்தன.

அணுவியலில், திறன் மிகுந்த திறன் குறைந்த இரு விசைகள் உள்ளன. இவை பற்றிய முழு அறிவு இல்லாமை பல அறிவியல் வல்லுநர்களை ஒன்றியப் புலக் கோட்பாட்டில் அக்கறை காட்டவிடாமல் செய்தது.

அண்மை முனைவு. அப்துஸ் சலாம், வெயின்பர்க், கிளாஷோ ஆகியோர் முனைந்து ஒரு புதுக்கோட்பாட்டை வெளியிட்டனர். அதற்காக நோபல் பரிசும் தரப்பட்டுள்ளது. இவர்கள் கொள்கைப்படி மின் காந்த விசைக்கும் திறன் குறைந்த விசைக்கும் வேறுபாடு இல்லை. இவை இரண்டுமே இயற்கையின் ஒரு குறிப்பிட்ட பண்பின் வெளிப்பாடாகும். திறன் குறைந்த விசைகள் நேர் மின்னேற்றங்கொண்ட துகள்கள் (w^{+}), எதிர் மின்னேற்றங்கொண்ட துகள்கள் (w^{-}) மின்னேற்றமற்ற துகள்கள் (z°) ஆகியவற்றால் உருவாகின்றன. இம்மூவகைத் துகள்களும் இடைப்பட்ட திசையன் போசான்கள் (intermediate vector bosons) எனப்படுகின்றன. இவற்றின் தற்சுழற்சி +1 அலகு ஆகும். அத்துடன் அவை போஸ்-ஐன்ஸ்டைன் புள்ளி விவர விதிக்குக் கட்டுப்பட்டவையாகும். W துகள்களின் எடை 80 Gev/C^2 என்றும், Z துகள்களின் எடை 93 Gev/C^2 என்றும் அறிமுறைக் கணக்கீடு (theoritical calculation) அறிவுறுத்துகிறது. ஒரு புரோட்டானின் எடை 938 MeV/C^2 அதாவது W, Z துகள்கள் புரோட்டானின் எடையைப் போல் 100 மடங்கு மிகுதியாகும்.

திசையன் போசான்கள் எடை மிகுதியாக இருப்பதால் அவற்றை உருவாக்குவது மிகக் கடினம். எனினும் அறிவியல் வல்லுநர் குழு ரப்பையா என்பவரின் தலைமையின்கீழ் இம்முயற்சியில் ஈடுபட்டது. மிகத் திறன் வாய்ந்த புரோட்டான்களையும் எதிர் புரோட்டான்களையும் மோதவிட்டு 850, 000

மோதல்களைக் கண்டறிந்தனர். இவற்றில் 5 திசையன் போசான்கள் உருவாயின என நம்பப்படு கிறது. அத்துகள்கள் தோற்றத்திலும் மணத்திலும் பண்பிலும் திசையன் போசான்களே என ரப்பையா அறிவித்தார்.

திசையன் போசான்களின் எடை 81 ± 5Gev/C^2 என்ற செய்முறையால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அறி முறைக் கணக்கீட்டுப்படியும் அதன் எடை ஏறக்குறைய இம்மதிப்பையே தருகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அறிமுறைப்படி, 10 திசையன் போசான்களுக்கு ஒரு Z- போசான் என்னும் விகிதத்தில் Z- போசான்கள் உருவாகும் எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. ஆனால் இதுவரை ஒரே தொடர் நிகழ்ச்சியில் 5W -போசான் களே உருவாகியுள்ளன. எனவே Z - போசான்கள் இதுவரை உருவாக்கப்படவில்லை என்பதே வல்லுநர் கருத்து. Z- போசான்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுவிட் டால் மின்காந்தப்புலம், குறைந்த திறனுள்ள அணு வியல் அகச்செயல் ஆகியவற்றின் தோற்றம் பற்றிய ஐயம் அகன்றுவிடும். எனவே ஒன்றிய புலக்கோட் பாடு உருவாகலாம்.

- ஜான் பாலஸ்

ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு

நிறைவுறாச் சேர்மங்களில் ஒற்றைப் பிணைப்பும் இரட்டைப் பிணைப்பும் ஒன்றடுத்து ஒன்றாக அமைந் திருந்தால் அத்தகைய பிணைப்புகளுக்கு ஒன்று விட்ட இரட்டைப் பிணைப்புகள் (conjugated double bonds) என்று பெயர். ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு களைக் கொண்டிருக்கும் சேர்மங்களுக்கு ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு ஒலிஃபீன்கள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டாக 1,3-பியூட்டாடையீனையும் ஐசோப்ரீனையும் கூறலாம்.

$H_2C = CH — CH = CH_2$ 1,3 பியுட்டாடையீன்

$H_2C = C(CH_3) — CH = CH_2$ ஐசோப்ரீன்

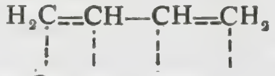
அனைத்து டையீன் சேர்மங்களும் இரட்டைப் பிணைப்புக்குரிய வினைகளில் ஈடுபட்டாலும் ஒன்று விட்ட இரட்டைப் பிணைப்புச் சேர்மங்களுக்கெனச் சிறப்பு இயல்புகள் உள்ளன. இச்சேர்மங்கள் சேர்க்கை வினைகளில் ஈடுபடும்போது இவற்றின் 1,4 ஆகிய கார்பன் அணுக்களில் சேர்க்கை வினை நிகழ்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 1,3-பியுட்டாடையீன் புரோமினுடன் வினைபுரியும்போது 1,2-கூட்டுச் சேர் மத்துடன் 1,4 சேர்மமும் கிடைக்கிறது.

$$H_2C = CH—CH = CH_2 + 2Br \rightarrow$$
$$H_2C(Br)—CH(Br)—CH = CH_2 + H_2C(Br)—CH = CH—CH_2(Br)$$

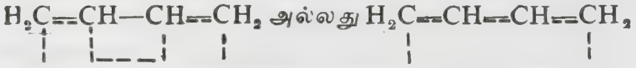
ஹைட்ரஜனுடன் வினை. இவ்வினையில் கிடைக் கும் விளைபொருள்களில் 1,4-கூட்டுச் சேர்மத்தை (2-பியுட்டீன்) எதிர்பாராத துணை விளைபொருள் எனக் கூறலாம்.

$$H_2C=CH—CH=CH_2 \xrightarrow{H_2}$$
$$H_3C—CH_2—CH=CH_2 + H_3C—CH=CH—CH_3$$

இவ்வினையை திலே என்பாரின் குறை பிணைப்புக் கொள்கையைக் கொண்டு விளக்கலாம். திலே கொள்கைப்படி இரு கார்பன் அணுக்களைப் பிணைக்க ஒற்றைப் பிணைப்பே போதுமானது. நிறைவுறாக் கார்பன் அணுக்களுக்கிடையே இருக்கும் இரட்டைப் பிணைப்பின் இணை திறன்கள் முழுதுமாகப் பயன் படுத்தப்படுவதில்லை. ஓர் இணை திறனே முழுதுமாகப் பயன்படுத்தப்பட மற்றொன்று எஞ்சி நிற்கிறது. இவ்வாறு எஞ்சியிருக்கும் இணைதிறன் எஞ்சிய அல்லது குறை இணைதிறன் எனப்படும். இவை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போல் புள்ளிக் கோட்டால் குறிக்கப்படும்.



மையத்தில் இருக்கும் இரு குறை இணைதிறன் களும் தனித்தனியே இருப்பதைவிடக் கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளது போல் சமன் செய்து கொள்வதாகத் திலே கருதினார்.



எனவே இக்கொள்கைப்படி 1,4-சேர்க்கை வினை களை நன்கு விளக்க முடிகிறது, ஆனால் 1,2-சேர்க்கை வினைகளை விளக்க முடிவதில்லை.

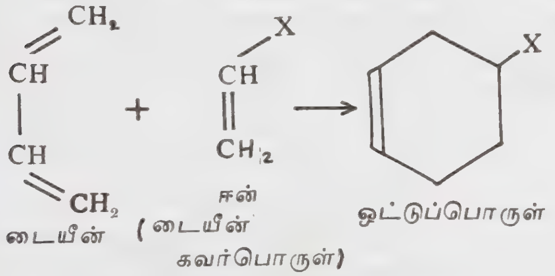
1,3-பியுட்டாடையீன் மூலக்கூறு போன்ற ஒன்று விட்ட இரட்டைப் பிணைப்புச் சேர்மங்களின் தனித் தன்மைக்கு உடனிசைவுக் கொள்கை மூலம் விளக்கம் தரலாம். 1.3-பியுட்டாடையினில் உள்ள ஒற்றைப் பிணைப்புகளும் இரட்டைப் பிணைப்புகளும் உண்மை யான ஒற்றை, இரட்டைப் பிணைப்புகள் அல்ல. ஏனெனில் 1,3-பியுட்டாடையீனிலுள்ள ஒற்றைப் பிணைப்பின் நீளம் பிற சேர்மங்களிலுள்ள ஒற்றைப் பிணைப்பின் நீளத்தைவிடக் குறைந்தும், இரட்டைப் பிணைப்பின் நீளம் பிற சேர்மங்களிலுள்ள இரட்டைப் பிணைப்பின் நீளத்தைவிட மிகுந்தும் உள்ளன. எனவே 1,3- பியுட்டானிடயீனில் உடனிசைவு உள்ளது என்று கண்டறியப்பட்டது. அதன் உடனி சைவு அமைப்புகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

$$H_2C=CH-CH=CH_2 \leftrightarrow H_2\overset{+}{C}-CH=CH-\overset{-}{C}H_2$$
$$\leftrightarrow H_2\overset{-}{C}-CH=CH-\overset{+}{C}H_2$$

அமைப்புகள் (2)உம் (3)உம் 1,4-சேர்க்கைக்கு வழி வகுக்கின்றன என்பது இவ்வமைப்பிலிருந்து தெளிவாகிறது.

ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்புகளுள்ள சேர்மங்கள் பலபடியாதல் வினையைப் பெற்றுள்ளன. 1,3-பியுட்டாடையீன் மூலக்கூறுகள் அவற்றுள் சேர்ந்து பல்லுறுப்பு மூலக்கூறுகளைத் தருகின்றன. பியூட்டாடையீன் பலபடி இயற்கையில் கிடைக்கும் ரப்பரை ஒத்து உள்ளது. இந்தப் பலபடியாதல் வினைவழிமுறை 1,4-சேர்க்கையை ஒத்துள்ளது.

1,3-பியூட்டாடையீனும் இதுபோல் அமைப்புக் கொண்ட டையீன்களும் தருகின்ற வேறொரு முக்கியமான வினை டீல்ஸ் ஆல்டர் வினையாகும். டையீன்கள் ஒலிஃபீன்களைடையீன்கவர்பொருள்கள் (dienophiles) என்றும், அம்முடிவுப் பொருள்களை ஒட்டுப்பொருள்கள் (adducts) என்றும் கூறலாம். இவ்வினையால் ஒரு சைக்ளோ ஹைக்சேன் மூலக்கூறு உருவாகிறது.



ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு ஒலிஃபீன்களையும், அவற்றின் வழிவந்த சேர்மங்களையும் செயற்கை ரப்பர் செய்யப் பயன்படுத்துகின்றனர். 1,3-பியுட்டாடையீனைச் சோடியம் உலோகத்தோடு வினைப்படுத்தினால் பல்லுறுப்பாக்கல் வினை நடைபெறுகிறது. இதனால் ரப்பரைப் போன்ற பண்புடைய ஒரு திண்மையான விளைபொருள் கிடைக்கிறது. இது பிறகு கந்தகத்துடன் தோய்க்கப்பட்டுப் பதப் படுத்தப்படுகிறது.

2-குளோரோ-1,3-பியூட்டாடையீன்

$(H_2C=\overset{Cl}{C}-CH=CH_2)$ கொதிநிலையில் (510°) தானாக எளிதில் பலபடியாக்கம் அடைந்து கச்சா ரப்பரைப் போன்ற ஒரு ஞெகிழியைக் (plastic) கொடுக்கிறது. இந்தக் குளோரோப்ரீன் ரப்பர், தீயாலும் வெப்பம் ஒளி போன்றவற்றாலும் பாதிக்கப் படுவதில்லை. இதனால் இது ரப்பர் பொருள்கள் தயாரிக்கப் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

- எம். கிருட்டிணப்பிள்ளை

ஒனக்ரேசி

இக்குடும்பம் இரு வித்திலைப் பிரிவைச் சேர்ந்த பூக்கும் தாவரமாகும். ஒனக்ரேசி (onagraceae) குடும்பத்தில் சேர்ந்த இனங்கள் 21, சிற்றினங்கள் 640. பெருவாரியான இனங்கள் மிதவெப்ப நாடுகளில் வளர்கின்றன. சில இனங்கள் வெப்ப நாடுகளிலும் காணப்படும்.

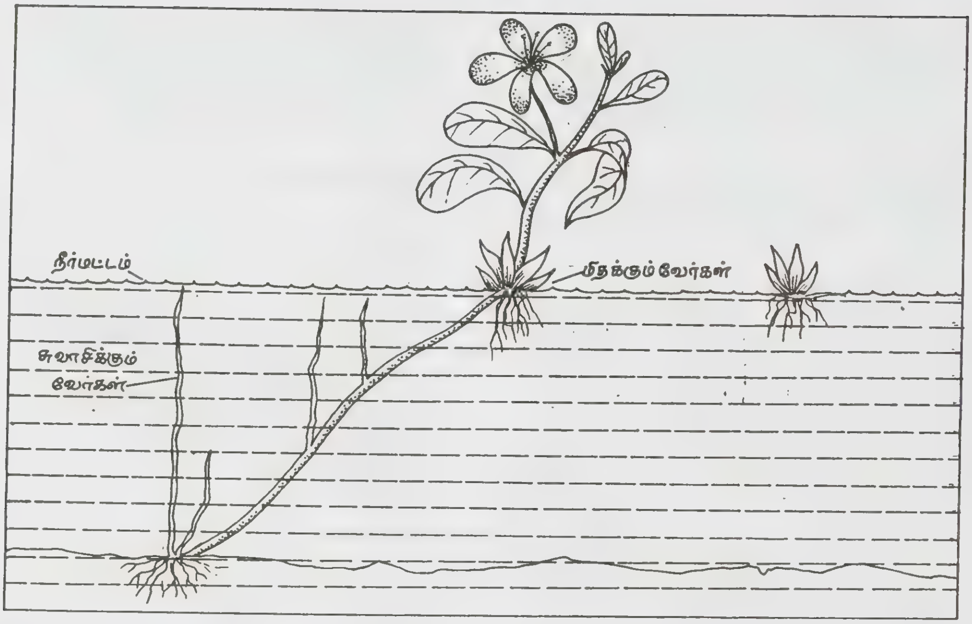
வளரியல்பு. பெரும்பாலான தாவரங்கள் பல் பருவச்செடிகளாக இருந்தபோதும் எபிலோபியம் (Epilobium), க்ளார்கியா (Clarkia), குடீடியா (Godetia) என்பன ஒரு பருவத் தாவரங்களாகும். ஈனோதீரா பயன்கிஸ் (*Oenothera biennis*) இருபருவச் செடியாகும்.

பெருவாரியான இனங்கள் குறுஞ்செடிகளாகவோ, சில செடிகளாகவோ, சிறு மரங்களாகவோ இருக்கும். ஃபுக்ஷியா (Fuschia) என்பது கொடிவகையாகும். லுட்விக்யா (Ludwigia), ட்ராபா (Trapa) ஆகியவை நீர்வாழ் தாவரங்களாகும். லுட்லிக்யா அட்சென்டென்ஸ் (*L. adscendens*) நீரில் மிதப்பதற்கு ஏற்றவாறு காற்றால் நிரப்பப்பட்ட ஏரன்கைமா திசுக்களை வேரில் கொண்டிருக்கும். இச்செடியில் மிதக்கும் வேர்களும், மூச்சுவிடும் வேர்களும் காணப்படும்.

ட்ராபா என்னும் நீர்த் தாவரத்தில் இருவகை இலைகளுண்டு; நீரில் மிதக்கும் இலைகள் முழுமையானவை; பருத்த காற்றுத் திசையால் (*aerenchyma*) ஆக்கப்பட்ட இலைக்காம்பைப் பெற்றவை. நீரில் மூழ்கியிருக்கும் இலைகள் சிறகு வடிவில் பிளவுபட்டிருக்கும். பெரும்பாலான தாவரவியலார் இவற்றை இலையின் உருமாற்றம் என்பர். ஆனால் ரெண்டல் என்பார் அவற்றை உருமாறிய வேர்கள் என்கிறார்.

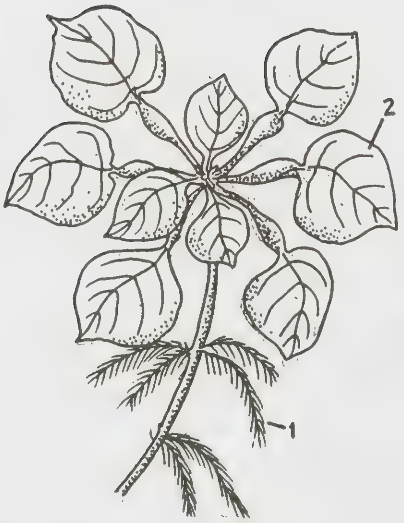
இலைகள். முழு மையானவை;எதிரிலை அல்லது மாற்றிலையடுக்குடையவை; சிலவற்றில் சுற்றமைப்பு இலையும் காணப்படும்.

எபிலோபியத்தின் ஒரே சிற்றினத்தில் எதிர் மற்றும் மாற்றிலையமைப்பைக் காணலாம். இலை விளிம்பு முழுமையாகவோ பற்களுடனோ இருக்கும். சிறகு நரம்பமைப்புக் கொண்டது. இலையடிச் செதில்கள் இல்லை. ஆனால் ஃபுக்ஷயா, செர்கேயா (circaea)முதலியவற்றில் எளிதில் உதிரக்கூடிய இலையடிச் செதில்களுண்டு. இக்குடும்பத்திற்குச் சில உள்



லுட்விக்யா அட்செண்டென்ஸ்

1. நீர்மட்டம் 2. சுவாசிக்கும் வேர்கள் 3. மிதக்கும் வேர்கள்.



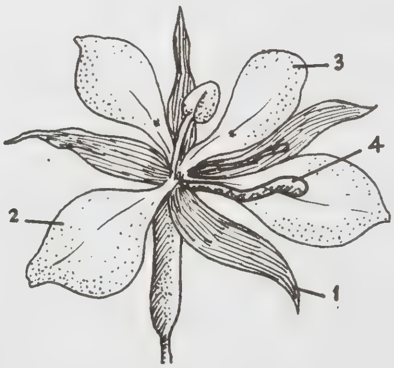
ட்ரேபா நேடன்ஸ்

1. முக்கிய இலை. 2. மிதக்கும் இலை.

அமைப்பியல் சிறப்புப்பண்புகள் உண்டு. ரேஃபைடுகள் (raphides) என்னும் படிகங்கள் இலைகளிலுண்டு.

மஞ்சரி. ஃபுக்ஷயா, க்ளார்கியா முதலியவற்றில் தனி மலர்கள் உண்டு. சிர்சியாவில் செசீம், எபிலோபியம், ஈனோத்தீரா முதலியனவற்றில் ஸ்பைக் ஆகும்.

மலர்கள். பெரும்பாலும் 4, அங்க வகை. உறுப்புகளின் மறைவாலும் அல்லது குறைவாலும் சிர்சியா மலர் ஈர் அங்கப்பூவாகக் காணப்படும். இக்குடும்பத்தில் 3 மற்றும் 5 அங்கப் பூக்களையும் காணலாம். இவை பெரும்பாலும் ஆரச்சமச்சீர் கொண்டவை. லொபீஸியா (lopezia) மலர் இருபக்கச்சமச்சீர் கொண்டது.



லொபீஸியா

1. புல்லிகள் 2. அல்லிகள் 3. ஒழுங்கற்ற அல்லிகள் 4. மலட்டு மகரந்தம்.

புல்லிகள். 2-5 இதழ்கள் தனித்தவை. ஆயினும் சூலகத்தோடு இணைந்து குழல்போல் காணப்படும். மலரின் இதழ்கள் வெளிநோக்கி மடங்கியிருக்கும். ஃபுக்ஷயாவில் புல்லிகள் வண்ணத்தோடும், தொடு ஒட்டு அமைப்போடும் காணப்படும்.

அல்லிகள். 2-5 இதழ்கள், புல்லிகளுக்கு மாறாக அமைந்திருக்கும். அல்லிகள் முழுமையாகவோ நுனி பிளவுபட்டோ காணப்படும். ஃபுக்ஷயா எபெடேலா (*F. ap tala*) லுட்விக்யா பாலிஸ்டரிஸ் (*L. Palustris*) முதலியவை அல்லிகளற்றவை; திருகு அமைப்புக் கொண்டவை.

மகரந்தத்தாள் வட்டம். மகரந்தத்தாள்கள் அல்லிகளின் எண்ணிக்கைக்கு ஒத்தோ இரு மடங்காகவோ இருக்கும்; தனித்தவை. இரு சுற்றில் இருந்தால், அல்லிகளுக்கு எதிரில், உள்சுற்றின் மகரந்தக் காம்புகள் குட்டையாக இருக்கும். சிர்சியாவில் 2 மகரந்தத்தாள்கள் உண்டு. ஒழுங்கற்ற லோஃபீரியாவில் இரு மகரந்தத்தாள்களில் ஒன்று மலடாகி அல்லி போல் உருமாறிவிடும். மகரந்தப்பை குறுக்குத் தடுப்புச் சுவர்கள் மூலம் பல அறைகள் கொண்டது. மகரந்தத்தூள்கள் பெரிய, உருண்டையான மூடிகளுடனும் மூன்று துளைகளோடும் காணப்படுகின்றன.

சூலகம். பொதுவாகக் கீழ்மட்டம். ஆனால் ட்ராபாவில் அறை கீழ் மட்டமாகும். 4 சூலிலைகள், சிர்சியாவில் 1 அல்லது 2 சூலறைகளுண்டு. ஒவ்வொரு சூலறையிலும் 1 அல்லது பல சூல்கள் அச்சொட்டு அல்லதுதொங்கு முறையில் அமைந்திருக்கும். சூல்தண்டு நீண்டிருக்கும். சூல்முடி தலைவடிவமாகவோ பிளவுபட்டோ இருக்கும்.

கனி. பலவகைப்படும். பொதுவாகக் காப்சூல் வகை. ஃபுக்ஷயாவில் சதைக்கனியாக(berry) உள்ளது. ட்ராபா கனியில் நிலைத்த புல்லிகள் முள்களாக மாறிய போலிக்கனி (false drupe) அல்லது கொட்டை (nut) வகையைச் சேர்ந்தவை.

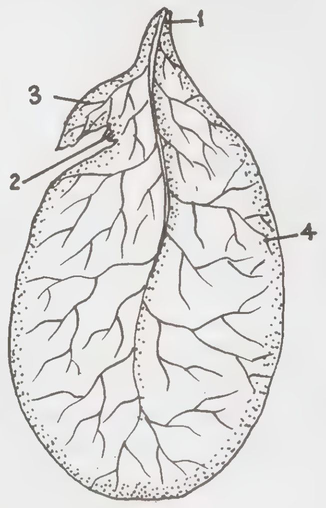
விதைகள், எண்டோஸ்பர்மற்றவை. எபிலோபியம் விதைகள் காற்று மூலம் பரவுவதற்கு ஏற்றவாறு தூவிகளைப் பெற்றிருக்கும். ட்ராபா காய்கள் முள்களின் உதவியால் விலங்குகள் மூலம் பரவுகின்றன. விதைகள் இருவித்திலைகள் கொண்டிருந்தாலும் அவை ஒத்தவையல்ல. விதை முளைக்கும்போது விதையிலை சிறுத்து விதையுள்ளே இருக்கப் பெரிய வித்திலை ஹைபோகாட்டின் வளர்ச்சியால் வாயிலுள்ள துளை மூலம் வெளிக்கொணரப்படுகிறது.

இக்குடும்பத்தைச் சேர்ந்த முக்கிய இனங்களாக ஃபுக்ஷயா, லொபீஸியா, சிர்சியா, ஹௌயா ஈனோத்தீரா, க்ளார்க்கியா, கௌரா லுட்விக்யா (ஜஸ்ஸியா) எபிலோபியம் ட்ராபா ஆகியவை உள்ளன. 30 சிற்றினங்களைக் கொண்ட ட்ராபா என்னும் தனிக்குடும்பத்திற்கு மாற்றப்பட்டுள்ளது.

தென் இந்தியாவில் காணப்படும் ஒனக்ரேசி இனங்கள்

லுட்விக்யா. இந்த இனத்தில் ஜஸ்ஸியா என்று குறிப்பிடப்பட்டு வந்த இனத்தின் சிற்றினங்கள் அண்மைக்காலத் தாவரப்பெயர் ஆய்வு காரணமாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

லு.அட்சென்டென்ஸ். இதன் மறுபெயர் ஜஸ்ஸியா ரீபன்ஸ். இது குளங்களில் மிதக்கும் செடியாகும். வெளிர் மஞ்சள் பூக்களைக் கொண்டது. இதை நீர்க் கிராம்பு என்றும் கூறுவர்.



ட்ராபாகரு

1. வேர்க்குருத்து 2. தண்டின் குருத்து 3. சிறிய விதையிலை 4. பெரிய விதையிலை.

லு.பெர்ன்னிஸ் (*L. perennis*). இதன் மறுபெயர் ஜ.பார்விஃப்ளோரா (*J. Paroiflora*) ஆகும். பொதுவாக நெல்வயல்களில் காணப்படும்,

சிர்சியா. இது சிறிய மென்மையான செடி. மேற்குத் தொடர்ச்சிமலை நீலகிரி, பழநி மலைகளில் 7000 அடி உயரத்தில் வளர்கிறது.

ட்ராபா. இது ஒரு தொன்மையான தாவரமாகும். இத்தாவர இனத்தின் காய்கள் சினோஸோயிக் காலத்தின் டெர்ஷியரி (tertiary) பாறைகளில் எடுக்கப்பட்டன. மேலும் தொல் தாவரவியலிலிருந்து இந்த இனம் வட, மத்திய ஐரோப்பா நாடுகளில் பரவியிருந்ததாகத் தெரிய வருகிறது.

ட். நேடன்ஸ் வகை பைஸ்ஃபைனோஸா. (*T.Natans Var bippinosa*). இதன் மறுபெயர் ட் பைஸ்ஃனோஸா; இதைத் தமிழில் சிங்காரக் கொட்டை என்று கூறுவர். திருநெல்வேலி, கேரளப் பகுதிகளின் குளங்களில் இதைக் காணலாம்.

ஈனோத்தீரா. இது மாலைப் பிரிம்ரோஸ் எனப்படும். டிவ்ரிஸ் (Devries) மரபியல் ஆராய்ச்சியின் மூலம் ஈனோத்தீரா லூமார்க்கியா என்னும் தாவரம்

அறிமுகமானது. நீலகிரி, கொடைக்கானல், பெங்களூர் முதலிய நகரங்களின் தோட்டங்களில் மலருக்காகப் பயிரிடப்படுகின்றது.

ஃபுக்ஷியா. இந்த அழகுக்கொடி, பூக்களுக்காகக் குளிர்பகுதிகளில் வளர்க்கப்படுகிறது. இதை நடன மாது தொங்கட்டான் (ear ring) ஆகிய வட்டாரப் பெயர்களால் குறிப்பர். இதன் பூக்கள் தேனீ, தேன்சிட்டு, காற்று மூலம் மகரந்தச் சேர்க்கை நடப்பதற்கேற்றவாறு அமைந்துள்ளன. ஈனோத்தீரா, ஃபுக்ஷியா ஆகியவை புகுத்தப்பட்ட இனங்களாகும்.

-தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஓனைக்கோஃபோரா

இப்பிரிவைச் சார்ந்த உயிரிகள் வளைந்த நகங்களைப் பெற்றிருப்பதால் இப்பிரிவுக்கு ஓனைக்கோஃபோரா (onychophora) என்ற பெயர் வந்தது. இலத்தீன் மொழியில் ஓனிக்ஸ் (*onex*) என்னும் சொல்லுக்கு வளைந்த நகங்கள் என்று பொருள். ஃபோரோஸ் என்றால் பெற்றுள்ளவை என்று பொருள். எனவே ஓனைக்கோஃபோரா என்னும் சொல் வளைந்த நகங்களைப் பெற்றவை என்னும் பொருள் தரும். இவற்றின் மூச்சுக்குழல்கள் ஒழுங்கற்றுக்கொத்துக் கொத்தாகத் தொங்குவதால் இவற்றிற்கு ''மூச்சுக் குழலிகள்'' (prototracheata) என மற்றொரு பெயரும் உண்டு. இவை வளைதசைப்புழுக்களின் பண்புகள் சிலவற்றையும், கணுக்காலிகளின் பண்புகள் சிலவற்றையும் ஒருங்கே பெற்றிருப்பதால் இவை இவ்விரு தொகுதிகளையும் இணைக்கும் இணைப்புப் பாலமாகக் கருதப்படுகின்றன. இவ்வகையில் இவற்றிற்கு விலங்கியல் சிறப்பு உண்டு. ஓனைக் கோஃபோரா பிரிவில் பெரிப்பேட்டஸ் (peripatus) என்ற ஒரே பேரினமும் (genus) 77 இனங்களும் (species) உள்ளன. இவற்றுள் சில இனங்கள் தனித் தனியே பொதுவினங்களாகவும் கருதப்படுகின்றன.

இவ்வகை உயிரினங்கள் தொடர்பற்ற பரவல் முறையில் உலகின் பல்வேறு வெப்ப, மித வெப்பப் பகுதிகளில் பரவியுள்ளன. காங்கோ பெரிப்பேட்டஸ் மேற்கு ஆப்பிரிக்காவிலும், நியோ பரிப்பேட்டஸ் மேற்கிந்தியத் தீவுகளிலும், இயோபெரிப்பேட்டஸ் மலேயாவிலும், மெலனோ பெரிப்பேட்டஸ் மெலனீஷியாவிலும் கேப்போபெரிப்பேட்டஸ் தெற்கு ஆப்பிரிக்காவிலும், ஆஸ்ட்ரோ பெரிப்பேட்டஸ் ஆஸ்திரேலியாவிலும், கைலியோபெரிப்பேட்டஸ் தென் அமெரிக்காவிலும், டிப்ஃலோபெரிப் இந்தியாவின் வடகிழக்கு எல்லையில் இமயமலைச்சாரலிலும் காணப்படுகின்றன.

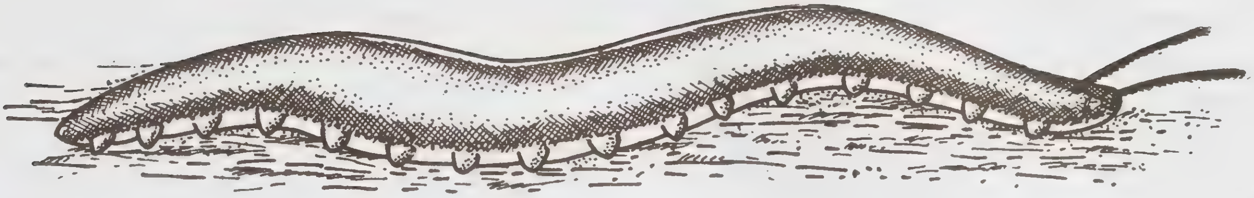
வரலாறு. கில்டிங் என்பார் 1826 ஆம் ஆண்டு ஆஸ்ட்டில்லஸில் உள்ள வின்சென்ட் என்பவரிடமிருந்து பெரிப்பேட்டஸ் என்னும் பேரினத்தைச் சார்ந்த சில உயிரிகளைப் பெற்றார். இவை உணர் கொம்புகளை (antennae) உடைய ஓடற்ற நத்தை போன்று தோன்றியமையால் இவற்றை ஒருவகை மேலுடலிகள் (mollusca) என்று தொடக்கத்தில் அவர் தவறாகக் கருதினார். பின்னர் உலகின் பல்வேறு வெப்பமண்டலப் பகுதிகளிலிருந்தும், தென் ஆப்பிரிக்காவிலிருந்தும், ஆஸ்திரேலியாவிலிருந்தும் இவ்வகை உயிரிகள் பெறப்பட்டன. தற்கால விலங்கியல் அறிவியலார் இவற்றை வளைத்தசைப் புழுக்கள் தொகுதியிலும் கணுக்காலிகள் தொகுதியிலும் சேர்த்தனர். ஆனால் மொஸ்லே என்பார் 1874 ஆம் ஆண்டு இவ்வுயிரிகளில் மூச்சுக்குழல்கள் இருப்பதைக் கண்டறிந்து இவை கணுக்காலிகளின் முன்தோன்றிய உயிரிகள் (primitive arthropods) என்னும் கருத்தை நிலைநாட்டினார். இவற்றின் கட்டமைப்பு உடலியங்கியல் கருவியல் ஆகியவை பற்றி ஆடன் செட்ஜ்விக் என்பார் விரிவாக விளக்கியுள்ளார்.

''கரிய புலனறி திறனும், உடனுக்குடன் மாறும் தன்மையுடைய உணர் கொம்புகளும், உருண்டையான சதைப்பற்றுடைய உடலும், தலையின் இரு புறமும் சிறிய வைரங்களைப் பதித்தவை போன்று அமைந்துள்ள கண்களும், மென்மையான பாதங்களும், இவற்றிற்கெல்லாம் மேலாக அவற்றின் நிறமும் வெல்வெட் போன்ற மிருதுவான தோலும் இணைந்து இவ்விலங்குகளுக்கு இணையில்லா அழகினை அளிக்கின்றன.

ஆடம் செட்ஜ்விக்கின் கருத்துப்படி பெரிப் பேட்டஸ் கேப்பன்சிஸ் (P. Capensis) என்ற இனத்தைச் சேர்ந்த உயிரிகளே மிகுந்த அழகு உடையவை.

உறைவிடம். பெரிப்பேட்டஸ் மட்கிய மரக்கிளைகளின் பட்டைக்கு அடியிலும், கற்களின் அடியிலும். பாறைகளின் சிறு இடை வெளிகளிலும், ஈரக் கசிவுள்ள தரையிலும் வாழ்கின்றது.

புறத்தோற்றம். பெரிப்பேட்டஸ் தோற்றத்தில் ஒரு கம்பளிப்புழுவைப் போன்றுள்ளது. ஏறத்தாழ 3-5 செ.மீ. நீளமுடையது. வெல்வெட் போன்று மென்மையான தோலைப் பெற்றுள்ளது. இதன் மேற்புறத் தோலின் நிறம் ஒவ்வோர் இனத்திலும் வேறுபடுகிறது. ஆனால் அடிப்புறத்தோல் அனைத்து இனங்களிலும் வெளிர் சிவப்பாக உள்ளது. தோலில் பல குறுக்குத் திரைவுகள் (transverse wrinkles) உள்ளன. கைட்டின் (chitin) முள்களைக் கொண்ட பல சிறிய முகிழ்வுகள் அல்லது அரும்புகள் (papillae) தோலின் மேல் காணப்படுகின்றன. புறத்தோற்றத்தில் இதன் உடல் கண்டங்களாகப் பிரிக்கப்படாததுபோல் தோன்றும். ஆனால்



இதன் இணைக்கால்களின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டு இதன் கண்டங்களின் எண்ணிக்கையை அறியலாம். உடற்கண்டங்களின் எண்ணிக்கை இனத்துக்குத் தக்கபடி 14 முதல் 41 வரை உள்ளது. இணைக்கால்கள் குட்டையாகவும் சதைப்பற்றுடனும் காணப்படுகின்றன. தலை உடற்பகுதியிலிருந்து தெளிவாகப் பிரிக்கப்படவில்லை. தலையின் முன் முனையின் கீழ்ப்பகுதியில் வாய் உள்ளது. அதைச் சுற்றி முகிழ்வுகள் உள்ள வட்ட வடிவ உதடு அமைந்துள்ளது. தலைப்பகுதியில் மூன்று இணை யுறுப்புகள் உள்ளன. அவை ஓரிணை உணர்கொம்பு களும், ஓரிணைத் தாடைகளும், ஓரிணை வாய் முகிழ்வுகளும் ஆகும். வாய் அரும்புகளின் மேற்பகுதியி லுள்ள பல துளைகளின் வழியே உடலிலுள்ள களிம்புச் சுரப்பிகள் (slime glands) திறக்கின்றன. தலையின் இருபுறத்திலும் இரு எளிய கண்கள் அமைந்துள்ளன.

உடற்பகுதியில் உள்ள இணையுறுப்புகள் குட்டை யாகவும், குழிவாகவும் காணப்படுகின்றன. ஒவ் வொன்றின் உருண்டையான அண்மைப்பகுதி கால் என்றும் சேய்மைப்பகுதி பாதம் என்றும் இரு பகுதி களைக் கொண்டது. பாதங்களின் மேல் இரண்டு முதல் நான்கு வரிசைகளாக முள்களமைந்த தடிப்பு கள் உள்ளன. அவற்றின் முனையில் உள்ளிழுத்துக் கொள்ளக்கூடிய கொக்கி போன்ற ஓரிணை நகங்களும் உள்ளன. மலவாய், உடலின் பின் முனையில் அமைந் துள்ளது. இனப்பெருக்கத்துளை மலவாய்க்கு முன்னால் இறுதி இணைக்கால்களுக்கு இடையில் அமைந்துள்ளது. கழிவு நீக்கத் துளையும் குரூரல் சுரப்பிகளின் துளைகளும் கால்களுக்கு அடியில் உள்ளன. ஒரு சில இனங்களில் ஆணின் இறுதி இணைக்கால்களுக்குப் பின்னால் ஓரிணையான துணை இனப்பெருக்கச் சுரப்பிகள் திறக்கின்றன.

பழக்க வழக்கங்கள். இவ்வுயிரிகளுக்கு ஈரக்கசிவான சூழ்நிலை தேவையாகும். நீரற்ற வறட்சிநிலை இவற்றை எளிதில் தாக்கும். இவை இரவில் இரை தேடும் பழக்கமுடையவை. இவை ஒளியைத் தவிர்க் கின்றன. ஆதலால் இவற்றைப் பகலில் காண்பது அரிது. கண்களின் துணையாலும், உணர் கொம்பு களின் உதவியாலும் சுற்றுப்புறச்சூழ்நிலைகளை அறிந்து கொண்டு இடம் விட்டு இடம் நகர்கின்றன. இவற்றின் உணர் கொம்புகள் உறுத்தப்பட்டால், தசை உடற்சுவர் சுருங்கி வால் அரும்புகளிலிருக்கும் களிம்பு நீர்மப் பைகளிலிருந்து களிம்பு நீர்மம் பீச்சப் படுகின்றது. இந்நீர்மம் தீங்கு விளைவிக்காதது, பசை போன்று ஒட்டும் தன்மையுடையது. தற் காப்பிற்குப் பயன்படும். நியூசிலாந்திலுள்ள பெரிப் பேட்டஸ் இனங்கள் களிம்பு நீர்மத்தை இரையைப் பிடிக்கப் பயன்படுத்துவதாக ஹட்டன் என்பார் கருதுகிறார். இவை இந்நீர்மத்தின் உதவியால் பிடிக்கப்பட்ட பூச்சிகளின் சாற்றை உறிஞ்சி உண்பதாக அவர் கூறியுள்ளார். இவ்வுயிரிகளில் தோலுரித்தல் ஒழுங்கற்ற இடைவெளியில் நிகழ் கின்றது. நீக்கப்பட்ட தோலை இவ்வுயிரிகள் உண் கின்றன. இளவுயிரிகள் பிறக்கும்போது நன்கு வளர்ச்சியடைந்துள்ளன. அவை முதிர்ச்சியடைந்த உயிரிகளினின்றும் உருவ அளவிலும், நிறத்திலும் வேறுபடுகின்றன. இளவுயிரிகள் தாயால் பராமரிக்கப் படுவதாகத் தெரியவில்லை. அவை அங்குமிங்கும் அலைந்து உணவு தேடுகின்றன.

ஒனைக்கோஃபோரா பிரிவு வளை தசைப் புழுக் கள் தொகுதியையும், கணுக்காலிகள் தொகுதியை யும், இணைக்கும் இணைப்புப்பாலமாகக் (connecting link) கருதி விலங்கியலில் தனிச் சிறப்புப் பெற் றுள்ளது. இதற்குக் காரணம் இவ்விரு தொகுதிகளின் சிற்சில பண்புகள் இவ்வினத்தில் ஒருங்கே காணப்படு வதுதான்.

ஆனிக்கோஃபோரா வளைதசைப்புழுக்கள் ஒத்த பண்புகள்

உடலைச் சுற்றி மெல்லிய கியூட்டிக்கிள் உள்ளது. இதில் கைட்டின் இல்லை. அடித்தோல் தசை உடற் சுவர் (dermomuscular body wall) உள்ளது. குழிவான இணையுறுப்புகள் (hollow appendages) ஓரிணை நெஃப்ரீடியங்கள் (nephridia) ஒவ்வொரு கண்டத் திலும் உள்ளன. மால்ஃபீஜியன் நுண்குழாய்கள் இல்லை. இனப்பெருக்கக் குழாய்களில் குற்றிழைகள் உள்ளன. கீட்டோப்போடாவில் இருப்பது போல்

தசை செறிந்த தொண்டைக் குழி காணப்படும். நரம்பு மண்டலமும், இரத்தக் குழாய்களும், இதயமும், வளைதசைப் புழுக்களில் உள்ளவாறே அமைந்துள்ளன.

ஆனிக்கோ:.போரா கணுக்காலிகள் ஒத்தபண்புகள். முதலிரண்டு இணையுறுப்புகளும், தாடைகளாக மாறிச் செயல்படுதல், இதயம் இதய உறைவெளி யுடன் பக்கத்துளைகள் மூலம் தொடர்பு கொண்டி ருத்தல், இரத்த உடற்குழியைப் பெற்றிருத்தல், உள்ளுறுப்புகளைச் சுற்றி உண்மையான உடற்குழி இல்லாமை, உணர் கொம்புகளைப் பெற்றிருத்தல், நகங்களுள்ள இணையுறுப்புகளைப் பெற்றிருத்தல் உமிழ்நீர்ச்சுரப்பியினைப் பெற்றிருத்தல் இனப்பெருக் கச் சுரப்பிகளின் இருப்பிடம் மற்ற கணுக்காலிகளில் இருப்பது போன்றிருத்தல், இவை எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக மூச்சுக் குழல்கள் மூலம் மூச்சுயிர்ப்பு நடை பெறுதல் மூச்சுக் குழல்கள் கணுக்காலிகளைத் தவிர வேறு தெகுதிகளைச் சார்ந்த விலங்குகளில் இல்லை என்பவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

கணுக்காலிகள் ஒனை க் கோ:.போரா–வேறுபாடுகள். மூச்சுக் குழல்கள் கொத்துக் கொத்தாக அமைந் துள்ளன. மூச்சுத் துளைகள் ஒழுங்கற்ற முறையில் உடலின் மீது பரந்து கிடக்கின்றன. ஓரிணை உறுப்புகள் மட்டுமே தடைகளாக மாறியுள்ள இன பெருக்க உறுப்புகள் பிற கணுக்காலிகளில் இருப்பது போலில்லாமல் வேறுபட்டமுறையில் அமைந்துள்ளன. இதன்மேல்தோல் வெல்வெட் போன்று மென்மையாக உள்ளது. இதன் கால்கள் கண்டங்களாகப் பிரிக்கப் படவில்லை. தலைக்குப் பின்னால் அமைந்துள்ள கண்டங்கள் ஒரே சீராக உள்ளன.

பெரிப்பேட்டஸ் ஒரு தொன்மையான உயிரி என்றும், வளைதசைப் புழுவினத்திலிருந்து தோன்றித் தொடக்க நிலையிலேயே பிற கணுக் காலிகளை விட்டுத் தனிக் கிளையாகப் பிரிந்து சிறந்திருக்க வேண்டும் என்றும் கருதப்படுகிறது. தற் போது கணுக்காலிகள் தொகுதியைச் சேர்ந்த உள் தொகுதியாகக் (subphylum) கருதப்படுகிறது.

-எம். ஜெய்லானி

நூலோதி. A.J, Marshell and W. D. Williams, *Text Book of Zoology*, Vol-I The Macmillan Press Ltd. London, 1982.

ஒ

ஓக்டன்ஸ் விண்மீன்குழு

தென்துருவத்தைச் சுற்றியுள்ள மிகச் சாதாரணமான ஒரு விண்மீன்குழு ஓக்டன்ஸ் ஓக்டான்ட் (octans octant) ஆகும். வலஏற்றம் 24 மணி நேரமும், நடுவரை தென்விலக்கம் 80° உம் 291 சதுரப்பாகைப் பரப்புமுடையது. இதில் மிகவும் ஒளி மிகுந்த நான்கு விண்மீன்கள் நான்காம் பொலிவுப் பரிமாண முடையவை. ஐந்தாம் பொலிவுப் பரிமாணமுடைய சிக்மா ஓக்டான்டிஸ் (σ- octantis) என்னும் விண்மீனைத் தென் துருவத்திற்கு மிக அருகில் நன்றாகக் காணலாம். ஓக்டன்ஸ் குழுவில் உள்ள விண்மீன்கள் அனைத்தும் தென்துருவத்தைச் சுற்றியுள்ள மறையா விண்மீன்கள் (circunpolar stars) ஆகும்.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஓக் மரம்

இது தாவரவியலில் குவர்கஸ் (Quercus) என்ற இனத்தைக் குறிக்கும் ஃபேகேசி (Fagaceae) குடும்பத் தாவரமாகும். ஓக் மரம் சிந்தூர மரம் என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது.

வேர். மொத்தம் உள்ள 450 இனங்களில்

இந்தியாவில் மட்டும் 23 சிற்றினங்கள் உண்டு. வடகண்ட மிதவெப்ப நாடுகளைத் தாயகமாகக் கொண்ட இவ்வினம், மலேசியா வரை பரவியுள்ளது. இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த தாவரங்கள் பெரும்பாலும் மரமாகவோ செடியாகவோ வளரும் தன்மை பெற்றவை. பெருத்த அடிமரத்தையும், பரந்த கிளைகளையும் 150 அடி உயரம் வளரும் தன்மையையும் பெற்றுள்ளன. மேலும் ஓக் மரம் ஐரோப்பியர்களால் நீண்ட ஆயுளுக்கும் வலிமைக்கும் உவமையாகச் சொல்லப்படுவதுண்டு.

ஓக்கின் பெரும்பாலான சிற்றினங்கள் இலையுதிர் வகையைச் (deciduous) சேர்ந்திருந்தாலும், சில என்றும் பசுமைத் தன்மை பெற்றுள்ளன. இவ்வகையை உயிர் ஓக் (live oak) என்று கூறுவர்.

இலை. தனித்தவை முழுமையானவை அல்லது பிளவுபட்டவை. இலையடிச் செதில்கள் சிறுத்துக் குருத்துப் பாதுகாப்புக்காக மட்டும் செயல்படுகின்றன. மாற்றிலையடுக்கு அமைப்புண்டு.

மலர். ஒருபால் பூக்கள். ஆண் பெண் பூக்கள் ஒரே மரத்தில் காணப்படுவதால், இது ஓரில்ல வகையாகும். மஞ்சரியில் மலர்கள் தனித்தவை. பூக்காம்புச் செதில்களுடன் இருக்கும். ஆண், பெண் மலர்களில் புல்லி வட்டம் மட்டுமே காணப்படுகிறது. ஆண் மலரில் புல்லி வட்டம் 6, இணைந்த இதழ்களைப் பெற்றிருக்கும்.

மகரந்தத் தாள்கள் 6-8, நீண்ட காம்பு கொண்டவை. காற்று மூலம் மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறும். பெண் பூக்களின் அடியில் எண்ணிலடங்காச் சிறிய செதில்கள் காணப்படும்.

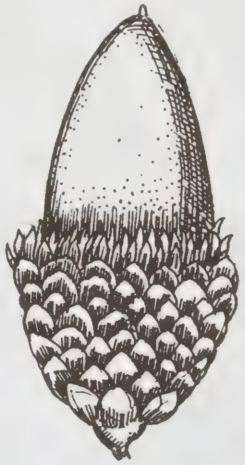
1, குவர்கஸ் கிளை, 2. ஆண்மஞ்சரி.

1. ஆண் பூ, 2. பெண் பூ.

சூலகம். கீழ்மட்டத்தில் 3 சூலிலை கொண்டது. ஒவ்வொரு சூலறையிலும் இரு சூல்கள் உண்டு. சூல்முடி மூன்றாகப் பிளவுபட்டு வெளியே நீண்டிருக்கும்.

காய். அக்கின் வகையைச் (achene) சேர்ந்தது. நிலைத்த செதில்கள் கெட்டியாக மாறி ஒன்றோடொன்று இணைந்த கிண்ணம்போல் மாறிவிடும். இதைக் கப்யூல் (cupule) என்பர். இலையின் உரு மாற்றம் என்றும் கருதுவர். கப்யூலோடு கூடிய காயை ஏகார்ன் (acorn) என்ற பொதுப் பெயரால் குறிப்பிடுவர். காயில் ஒரே ஒரு விதைதான் உண்டு. விதைகள் முளைசூழ்தசை (endosperm) அற்றவை.

வகைப்பாடு. ஓக் சிற்றினங்களை மூன்று குழுக்களாகப் பிரித்துள்ளனர். அவை, அ. ல்யூகோபலாவஸ்



காய் - ஏகார்ன்

(Leucobalanus) - வெள்ளை ஓக், ஆ. எரித்ரோபலானஸ் (Erythrobalanus) -சிவப்பு ஓக், இ. சைக்ளாபலானஸ் (Cyclobalanus) என்பன. முதல் இரு வகைகளின் கப்யூல்களில் செதில்கள் சுழல மைப்பில் இருக்கும். மூன்றாம் வகையில் செதில்கள் வட்டமைப்பில் இருக்கும். மேலும் வெள்ளை ஓக் இலைகளின் நுனி முள்களற்றது. காய்கள் இனிக்கும். சிவப்பு, கறுப்பு ஓக் இலைகளின் நுனி முள்ளோடு கூடியது. காய்கள் துவர்க்கும்.

பயன். ஓக் மரத்தின் அடிப்பகுதியைக் கொண்டு தடி, பலகை, கடைசல் செய்யலாம். சில சிற்றினங்கள் விறகு, எரிகரி, கால்நடைத் தீவனங்களாகப் பயன்படுகின்றன. ஓக் நிழல்தரும் சிறந்த சாலை மரமாகும். பூச்சியோடு தொடர்பு கொண்ட ஓக் மரப்பகுதிகளைக் கால்கள் (galls) என்பர். காய்கள் போன்று காணப்படும் இவற்றை ஓக் கால்கள் அல்லது ஓக் ஆப்பிள்கள் என்பர். இக்கால்களில் டேனின் வேதிப்பொருள் உள்ளது. டேனினைக் கேலிக் அமிலம் அல்லது கேலக்டோனிக் அமிலம் என்பர். கேலிக் அமிலம் கால்களில் 50-70% உள்ளது. இதில் கேலிக் அமிலம் (gallic acid) எலாஜிக் அமிலம், பசை மாவுப்பொருள், சர்க்கரை, நறுமண எண்ணெய் ஆகியவை உண்டு. இதை வயிற்றுப்போக்கு, மூலம் போன்ற நோய்களுக்கு மருந்தாகப் பயன்படுத்துவதுண்டு. மேலும் இம்மரத்தின் பட்டை, கட்டை, கால்களிலிருந்து எடுக்கப்படும் டேனின் தோல் பதனிடல், செருப்பு, வண்ணப்பொருள், மை தயாரிக்கப் பயன்படும். ஆசியாவில் வளரும் சிற்றினங்களின் இலைகள் பட்டுப்பூச்சிக்கு உணவாகின்றன.

அமெரிக்க, ஐரோப்பிய ஓக் மரங்கள் மிகவும் உறுதியானவை. நீண்ட நாள் உழைக்கக்கூடியவை. பலகைகளை நீராவி மூலம் எவ்வகையிலும் வளைத்து அலங்காரப் பொருள்கள் செய்வதற்கும், கப்பல் கட்டுதல், கட்டிடங்கள் கட்டுதல், கூரை வேய்தல் போன்ற வேலைகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம் வெளிநாடுகளில் 40 மீ உயரமும் 520 செ.மீ. சுற்றளவும் கொண்ட பெரும் மரங்களும் உள்ளன. உலகிலேயே இங்கிலாந்து ஓக் மரங்களே சிறந்தவை. இம்மரத்தைக் கூரையாக்கி 1399 இல் கட்டப்பட்ட வெஸ்ட் மினிஸ்டர் ஹால் 1919 இல் தான் பழுதுபார்க்கப்பட்டது. 1635 இல் கட்டப்பட்ட கடலின் தங்கம் என்னும் கப்பல் 47 ஆண்டுகள் கழித்து உடைந்த போது அதிலிருந்த ஓக் மரப்பலகைகள் நல்ல நிலையிலேயே இருந்தன. ஸ்பெயின், போர்ச்சுகல் ஆகிய இடங்களில் உள்ள ஓக் மரங்களிலிருந்து தக்கைகள் (corks) செய்யப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் ஏறத்தாழ 40 வகையான ஓக் மரங்கள் உள்ளன. பெரும்பாலானவை அசாம், மணிப்பூர், சிட்டகாங், இமயமலைத்தொடர் போன்ற உயரமான பகுதிகளில் வளர்கின்றன. கிழக்கு இமயத்தில் 10 வகை ஓக் மரங்களும் மேற்கு இமயத்தில் 5 வகைகளும் வளர்கின்றன. கூட்டங்கூட்டமாகவோ, பைன் ஃபிர், ஸ்ப்ரூஸ் போன்ற மரங்களுடன் கலந்தோ காணப்படுகின்றன. ஆனால் இவை மேனாட்டம் ஓக் மரங்களைப் போல் உறுதியானவையல்ல. இவை பக்குவப்படுத்தும்போதே வளைந்தோ, விரிசல் அடைந்தோ காணப்படும். மரங்கள் பெரிய அளவிற்கு வளர்வதில்லை. பெரும்பாலும் இம்மரங்கள் எரிபொருளாகப் பயன்படுகின்றன. இலைகள் கால்நடைகளுக்குச் சிறந்த தீவனமாகும். சிலவகை மரங்கள் மரக்கூழ் தயாரிக்கவும் பயன்படுகின்றன.

இந்திய ஓக் மரங்கள். இந்தியாவில் இமயமலையின் கீழ்ப்பகுதியில் கடல் மட்டத்திற்கு மேல் 2000மீ உயரம் வரையுள்ள இடங்களில் பான்ஓக் (Ban oak) மரங்களும் 2800 மீ வரை பச்சை ஓக் அல்லது மொரு ஓக் (moru oak) மரங்களும், அதற்கு மேல் 3700 மீ வரை கர்ஷு ஓக் (Kharshu Oak) மரங்களும் காணப்படும். மேலும் கம்பள ஓக் (woolly oak) ஹாம் ஓக் (halm oak) திங்கியின் ஓக், காசியா (kasia), பானி (bani), பக் (buk), அர்காலா (arkaola, போன்ற பல இன ஓக் மரங்களும் இந்தியாவில் வளர்கின்றன.

நாற்று மூலமாகவோ, விதைத்தல் மூலமாகவோ ஓக் மரங்களை வளர்க்கலாம். டார்ஜிலிங், நைனிடால், டேராடூன், முசௌரி போன்ற மலைப் பகுதிகளில் அழகு தரும் மரங்களாக இவை நடப்பட்டுள்ளன. தமிழ்நாட்டில் உதகமண்டலம். குன்னூர் ஆகிய இடங்களில் உள்ள தாவரத் தோட்டங்களில் இம்மரங்களைக் காணலாம்.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்
-சா. விஸ்வநாதன்

ஓசிப்போடா

பேய் நண்டுகள் எனப்படும் இந்த நண்டுகள் ஓட்டுடலிகள் வகுப்பைச் சார்ந்த ஓசிப்போடிடே (ocypodidae) குடும்பத்தைச் சார்ந்தவை. கடற்கரைகளிலும் உப்பளங்களின் கரைகளிலும் இவை வாழ்கின்றன. இதில் ஏறத்தாழ 4,500 க்கும் மேலான இனங்கள் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். வளைகளில் வாழும் பேய் நண்டுகள் ஓதஇடைப் பகுதியின் (intertidal zone) உயர்ஓதப் பகுதியான மணற்பாங்கான கடற்கரைப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. இவ்விடங்களில் காணப்படும் இவை மணற்குன்றுகளில் வளை தோண்டி வாழ்கின்றன.

பேய் நண்டுகள் ஏறத்தாழ 1-2 மீட்டர் ஆழம் வரையுள்ள வளைகளில் வாழ்கின்றன. ஓசிப்போடா

இனத்தைச் சார்ந்த நண்டுகள் மணல் நண்டுகள் என்றும் கூறப்படுகின்றன. ஓசிப்போடாவில் மற்றோர் இன நண்டு உப்பங்கழிகளின் கரைப்பகுதிகளில் வாழ்கிறது. இந்த நண்டுகள் மனித நடமாட்டம் இல்லாத பகுதிகளையே விரும்புகின்றன. இந்தியக் கடற்கரைப் பகுதிகளில் ஓசிப்போடாவின் ஐந்து இனங்கள் வாழ்கின்றன.

இரவில் நடமாடும் பழக்கமுடைய இந்த நண்டுகள் அனைத்துண்ணிகள் (omnivorous) ஆகும். ஒரு வகை ஓசிப்போடா கடல் உயர் ஓதத்தின்போது மிகவும் சுறுசுறுப்பாக இயங்குகிறது. கடல் ஓதம் இறங்கும்போது, மணலில் புதைந்து, கால்களைப் பக்கவாட்டில் பரப்பி மண்ணோடு தன்னை நிலை நிறுத்திக் கொள்கிறது. ஓய்வு எடுத்துக்கொள்ளும் போது கால்களைப் பக்கவாட்டில் பரப்பிப் பணிவான நிலையில் காணப்படுகிறது. பகையினத்தைத் தாக்கும் சமயத்தில் உடம்பையும் கால்களையும் தரையிலிருந்து உயர்த்திக் கண்களைச் செங்குத்தாக வைத்துக் கொண்டு பகையினத்தை நோக்கிப் பாய்ந்து செல்கிறது.

தன்னினத்தைக் கூட உண்ணும் பழக்கம் இவற்றிற்கிடையே காணப்படுகிறது. மாலை நேரத்திலும், இரவிலும் விடியற்காலையிலும் இரைதேடிச் செல்கின்றன. ஓதம் உயரும்போது வளைக்குள் சென்று வளை வாயிலை அடைத்துக்கொள்கின்றன. ஓதம் இறங்கும் வரை வளைக்குள்ளேயே இருக்கின்றன. வளை தோண்டுவது, அதைப் பேணுவது போன்ற செயல்கள் தாழ் ஓதத்தின்போது (low tide)

நடைபெறும். பேய்நண்டு, நிலம் நீர் இரண்டிலும் நன்கு இயங்கும் தன்மை கொண்ட நண்டினத்திற்கும், நிலத்தில் மட்டும் வாழும் நண்டினத்திற்கும் இடைப் பட்ட ஆனால் மாறுபட்ட தன்மையைக் கொண்ட இனமாகும். பல நண்டினங்கள் கடலிலும், சில சேற்றுப் பகுதிகளிலும், சில உப்பங்கழிகளிலும், சில நன்னீர் நிலைகளிலும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில், சில நிலம் நீர் ஆகிய இரு சூழலிலும் இயங்கவல்லன வாகவும், சில நீர்நிலைகளை விட்டு மிகு தொலைவில் உள்ள தரைப்பகுதிகளிலும் வாழும் தன்மையுடையன வாகவும் உள்ளன. தரைப்பகுதிகளில் வாழும் நண்டினங்கள், அவற்றின் முட்டைகளிலிருந்து குஞ்சுகள் வெளிவரும்போது உப்பங்கழி அல்லது கடலுக்குச் சென்று குஞ்சுகளை நீரில் வெளியேற்றி விட்டு உறைவிடங்களுக்குத் திரும்பிச் செல்கின்றன.

பேய்நண்டுகள் சிறு பூச்சிகளையும், மட்கிய உணவுப் பொருள்களையும் உண்கின்றன. இந்தியக் கடற்பகுதி, பசுபிக் கடற்பகுதிகளில் காணப்படும் ஓசிப்போடா செராட்டாப்தால்மஸ் (*Ocypode ceratophthalmus*) அவற்றின் பாதங்களின் உதவியால் சிறு ஈக்களைப் பிடித்து உண்கின்றன. உடலை மூடி யிருக்கும் மேல்தோடு (carapace) குறுக்குவாக்கில் நீள்வட்ட வடிவம் அல்லது ஏறத்தாழச் செவ்வக வடிவத்தைக் கொண்டது. சில இனங்களின் மேல் தோடு சிறு துகள்கள் போன்றும், சில இனங்களில் பழுப்பு நிறத்தோடும், சில வற்றில் அடர் சிவப்பு நிறத்தோடும் காணப்படும். ஐந்து இணைக்கால்கள் காணப்படுகின்றன. ஓசிப்போடாவின் மேல்தோட்டின் குறுக்களவு ஏறத்தாழ 3.75—5 செ. மீ காணப்படு கிறது. முதல் இணைக்கால்கள் இடுக்கிக் கால்களாக (chelipeds) உள்ளன. அடிவயிற்றுப்பகுதி பரந்த மேல் தோட்டிற்குக் கீழேயுள்ள தாழ்வான ஒரு குழிந்த பகுதியில் மடித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது.

மேலிருந்து பார்க்கும்போது அடிவயிற்றுப்பகுதி மடித்து வைக்கப்பட்டுள்ளதால், இறால் மீனில் காணப்படுவது போன்று வயிற்றுப்பகுதி நீண்டு காணப் படுவதில்லை.

இப்பகுதி ஆண் இனங்களில் ஒடுங்கியும் பெண் இனங்களில் அகன்றும் காணப்படுகின்றது. ஆண், பெண் இன நண்டுகளை அடையாளங்காண இது உதவும். பெண்ணினத்தின் அடிவயிற்று உட்பகுதியில் நான்கு இணை வயிற்றுக்கால்கள் காணப்படுகின்றன. இவ்வுறுப்புகள் முட்டைகளைத் தாங்கிக் கொள்ளவே பயன்படுகின்றன. வயிற்றுக்கால்கள் ஒருவித நீர்மத் தால் ஒட்டப்பெற்றுக் கொத்தாகக் காணப்படுகின் றன. முட்டையிலிருந்து இளம் உயிரிகள் (larvae) வெளிவரும்வரை முட்டைகளை இவ்வுறுப்புகள் தாங்குகின்றன. வயிற்றுப்பகுதி மடித்துவைக்கப் பட்டுள்ளமையால் இந்த உறுப்புகள் மேல்தோட்டால் மூடப்பட்டுப் பாதுகாப்பாக உள்ளன.

ஆண்களின் அடிவயிற்றுப் பகுதியில் இவ்வுறுப்பு களில் இரண்டு இணை மட்டுமே காணப்படுகின்றன. இவை குச்சி போன்று மாறுபட்டுள்ளன. இனச் சேர்க்கையின்போது விந்து, பெண் நண்டின் உடம் பிற்கு இடமாற்றம் அடைய இவை பயன்படுகின்றன. பக்கத்திற்கு ஒன்றாகக் காணப்படும் கண்கள் ஒவ்வொன்றும் நீளமான காம்பினால் (peduncle) தாங்கப்பட்டுள்ளன. காம்பு, விழிமுள்தோலுக்கு நீண்டு திறக்கிறது.

பொதுவாக அனைத்து நண்டுகளும் கால்களின் உதவியால் வளை தோண்டி வாழ்கின்றன. பேய் நண்டு வளை தோண்டும்போது வெளியேற்றப்படும் மண், வளையின் நுழைவாய்க்கருகில் சிறுசிறு உருளைகளாகக் குவிக்கப்படும். வளை நேராகவும், ஆழமாகவும் உள்ளது. முதிர்ந்த நண்டுகள் மணல் குன்றுகளிலும், முதிர்ச்சியடையாத நண்டுகள் அலை தொடும் தரைப்பகுதியிலும் வளை தோண்டுகின்றன. ஈரத்தன்மையுடைய மணல் வரும்வரை வளை தோண்டப்படுகிறது. ஈரத்தன்மை வளையின் ஆழத்தை உறுதிப்படுத்துகின்றது.

செங்கடற் கரைப்பகுதியில் காணப்படும் ஓசிப் போடோ சரட்டன் (*O. saraton*) எனும் இனத்தில் ஆண் நண்டுகள் தம் வளை முகப்பில் மணல் முகடு ஒன்றைக் கட்டும், இதிலிருந்து செல்லும் பாதை ஏறத்தாழ 40 செண்ட்டி மீட்டருக்கப்பால் உள்ள வளையில் முடிவடையும். பெண் நண்டுகள் இம்மணல் முகட்டால் கவரப்பட்டு வளைக்குள் செல்கின்றன.

பொதுவாக ஊர்ந்து சென்றாலும் சில நண்டுகள் நீந்தியும் செல்லக்கூடியவை. இவ்வித நண்டு களுக்குப் பின்வரிசை இணைக்கால்கள் துடுப்புகள் போன்று பரந்து தட்டையாக அமைந்துள்ளன. பேய் நண்டுக்கு இவ்வித அமைப்பு இல்லை. இது மிக வேக மாக நொடிக்கு 1. 6 மீ அளவில் பக்கவாட்டிலேயே ஓடுகிறது. விரைவாக ஓடும்போது உடலைத் தரைக்கு மேலே எழுப்பிக் கொண்டு இரண்டு அல்லது மூன்று இணைக்கால்களை மட்டுமே பயன்படுத்தும். ஓடும் போது பின்னுள்ள கால்கள் இழுத்துக்கொண்டு வர நண்டு ஓடுகிறது. இந்த இருவித அசைவு களும் உடலின் சுமையைத் தாங்கிச் செல்லும்போது உடலைத் திடீரென 180° திருப்புகிறது. இந்தநிலை யில் முன் செல்லும் கால்கள் பின்னும், பின்னுள்ள கால்கள் முன்னும் திடீர் மாற்றம் பெறுகின்றன. இருப்பினும். ஓட்டத்தில் இடையூறோ திசைத் திருப்பமோ ஏற்படுவதில்லை. இம்மாற்றங்கள் உடலின் சுமையைக் கால்கள் மாறி மாறித் தாங்க உதவும்.

நண்டுகள் செவுள் மூலம் சுவாசிக்கின்றன. நீரில் வாழும் நண்டுகளின் செவுள்களை விடப் பேய் நண்டு களின் செவுள்கள் உருவத்திலும் எண்ணிக்கையிலும் சிறியவையாகக் காணப்படுகின்றன. நீர் செவுள்

வழியாக ஆவியாகப் போவதைக் குறைத்துக் கொள்ளும் சிறந்த தகவமைப்பாக இது விளங்குகிறது. இருவாழ்வுவாழும் பேய் நண்டு போன்ற பிற நண்டுகள் தம் உடலை அடிக்கடி நீரில் அமிழ்த்திச் செவுள்களை ஈரமாக்கிக் கொள்கின்றன.

பேய் நண்டுகள், ரம்பத்திலிருந்து வரும் ஒலியைப் போன்றும் கிரீச்சொலி போன்றும் ஒலி எழுப்புகின்றன. காலின் அருகிலுள்ள ஓர் அடுக்கான கழலைகள் (lubercles) அதே காலின் அடுத்த கணுவில் அமைந்துள்ள நீண்ட புடைப்பில் உராய்வதால் இந்த ஒலி தோன்றுகிறது. வேறு நண்டுகள் வளைக்குள் வாராவண்ணம் எச்சரிக்கை செய்யவே ஒலி எழுப்பப்படுகிறது. பேய் நண்டுகள் மூன்று ஆண்டுகள் வாழ்கின்றன. ஆண்டின் அனைத்து மாதங்களிலும் இனப்பெருக்கம் நடைபெற்றாலும் கோடைக் காலங்களிலேயே மிகு அளவில் நடைபெறுகின்றது.

- சி. குமாரப்பிள்ளை

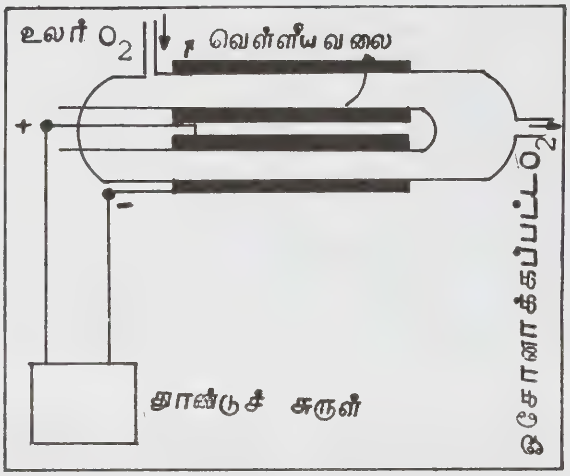
ஓசோன்

இது ஆக்சிஜனின் புறவேற்றுமை வடிவமாகும். ஆக்சிஜன் ஈரணுக்களால் ஆனது. ஓசோன் (ozone) மூவணு மூலக்கூறுகளால் ஆனது. வான்மாரம் என்பார் 1785இல் ஆக்சிஜன் அல்லது காற்றினூடே மின்னிறக்கம் உண்டாக்கியபோது ஒரு வித நாற்றம் உண்டாவதைக் கண்டார். பின்னர் ஏறத்தாழ 55 ஆண்டுகள் கழித்து ஷான்பின் என்னும் அறிவியலார் அந்த நெடிக்குக் காரணம் புதிய வளிமமே எனக் கூறி அதற்கு ஓசோன் எனப் பெயரிட்டார். ஓசோன் என்றால் மணம் என்று பொருள்; ஓசா (ozzo) என்னும் கிரேக்கச் சொல்லிருந்து இப் பெயர் வந்தது.

1866இல் சோரட் என்பார், இவ்வளிமம் ஆக்சிஜனின் புறவேற்றுமை வடிவம் என்பதையும், இதன் மூலக்கூறு வாய்பாடு O_3 என்பதையும் கண்டறிந்தார். புற ஊதாக்கதிர்களைக் காற்றில் அல்லது ஆக்சிஜனில் செலுத்துவதால் இவ்வளிமம் உண்டாகிறது. வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதியில் இவ்வளிமம் காணப்படுவதற்கு இதுவே காரணமாகும். குறைந்த வெப்பநிலையில் ஃபுளூரின் நீருடன் வினை புரியும் போதும், பாஸ்ஃபரஸ் காற்றில் மெதுவாக ஆக்சிஜனேற்றம் அடையும்போதும் இவ்வளிமம் பெறப்படுகிறது.

தயாரிப்பு முறை

குளிர்ந்த ஆனால் ஈரமற்ற, ஆக்சிஜனில் பொறியற்ற மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தி ஓசோன் தயாரிக்கப்படுகிறது. இதைத் தயாரிக்க இருவகைக் கருவிகள் (ஓசோனாக்கிகள்) பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

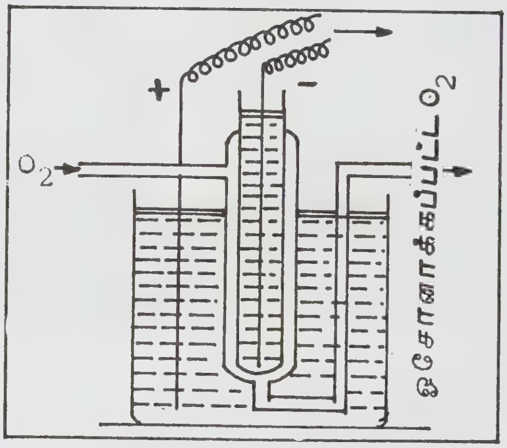


படம் 1. சீமன் ஓசோனாக்கி

சீமன் ஓசோனாக்கி. இரு மையக் கண்ணாடிக் குழாய்கள், ஒரு முனையில் படத்திலுள்ளவாறு (படம்-1) உருக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ளன. உட்குழாயின் உட்புறமும், வெளிக் குழாயின் வெளிப்புறமும் வெள்ளீய முலாம் பூசப்பட்டிருக்கும்.

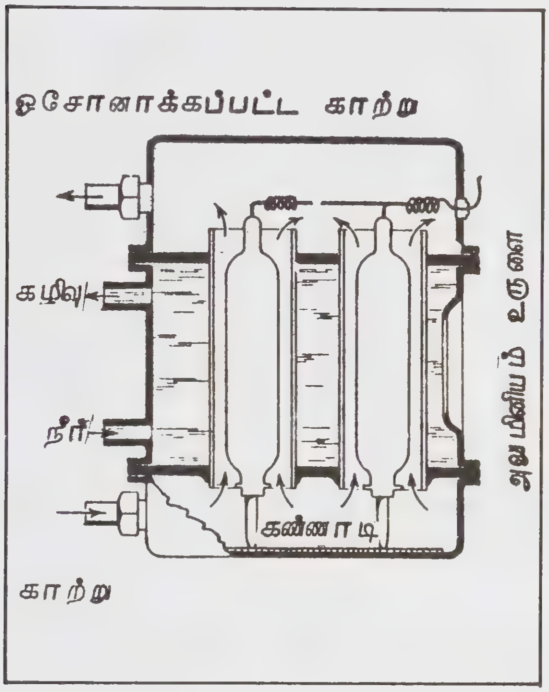
வெள்ளீய முலாம் பூசப்பட்ட பகுதிகள் ஒரு தூண்டு சுருளுடன் இணைக்கப்படும். குழாயிடைப் பகுதி வழியே குளிர்ந்த நிலையிலான ஆக்சிஜன் செலுத்தப்படும். இப்போது அவ்விடைப் பகுதியில் உண்டாகும் பொறியற்ற மின் பாய்ச்சலால் ஆக்சிஜன் 10-15% அளவில் ஓசோனாக மாற்றப்பட்டு வெளிவரும்.

பிராடி ஓசோனாக்கி. இதுவும் ஏறத்தாழ ஸீமன் ஓசோனாக்கியின் தத்துவப்படியே அமைக்கப்



பிராடி ஓசோனாக்கி

பட்டுள்ளது. ஆனால் வெள்ளீய, மின் இணைப்பிற்குப் பதிலாக இக்கருவியில் நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலம் இடம் பெறுகிறது. சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தில் தொங்க விடப்பட்டிருக்கும் தாமிரக் கம்பிகள் தூண்டு சுருளுடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப்படும். இடைவெளியில் செலுத்தப்படும் ஆக்சிஜன், பொறி யற்ற மின்பாய்ச்சலால் 25% அளவு ஓசோனாக மாற்றப்படுகிறது.



சீமன் - ஹால்ஸ்கி ஓசோனாக்கி

ஓசோன் தொழில் முறைத் தயாரிப்பு. ஓசோனைப் பெருமளவில் தயாரிக்க ஸீமன் - ஹால்ஸ்கி ஓசோனாக்கியைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இக்கருவியில் ஓர் இரும்புத்தொட்டி மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கும். இருபுறமுள்ள பகுதிகளில் கண்ணாடித் தட்டுகளின் மேல், ஆறு அலுமினியத் தண்டுகள் செங்குத்து நிலையில் வரிசையாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ளன.

அலுமினியத் தண்டுகளைச் சுற்றியிருக்குமாறு பீங்கான் குழாய்கள் வைக்கப்படுகின்றன. கருவியின் மையப் பகுதியைக் குளிர்ந்த நிலையில் வைத்திருப்ப தற்காகக் குளிர்ந்த நீர்ச் சுழற்சி இருக்கும். அலுமினி யத் தண்டுகளின் மின்னழுத்தம் 8000 - 10000 வோல்ட் அளவுக்கு உயர்த்தப்படுகிறது. இதனால் இடைவெளியில் ஏற்படும் பொறியற்ற மின்பாய்ச்சல் அதன் வழியே செலுத்தப்படும் காற்றைப் பகுதி அளவில் ஓசோனாக மாற்றுகிறது. ஓசோன் கலந்த காற்று மேற்புறமுள்ள குழாய் வழியே வெளியேறு கிறது.

ஓசோனைப் பெருமளவில் தயாரிக்கும் ஒரு கருவி யில் ஒரு பெட்டி கண்ணாடித் தட்டுகளால் பிரிக்கப் பட்டிருக்கும். அதில் உலோக வலைகள் செங்குத் தாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. பெட்டியின் அடிப்புறத் திலிருந்து செலுத்தப்படும் காற்று, உலோக வலை களுக்கு இடையே ஏற்படும் பொறியற்ற மின்பாய்ச்ச லால் பகுதி அளவில் ஓசோனாக மாற்றப்படுகிறது.

புற ஊதாக் கதிர்கள் ஆக்சிஜன் வழியே பாய்ச் சப்படுகையில், ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகள் ஒளி வேதிச் சிதைவு அடைந்து, ஆக்சிஜன் அணுக்களாக மாறு கின்றன.

$$O_2 \rightleftharpoons 2\,[O]$$

இந்த ஆக்சிஜன் அணுக்கள், சிதைவடையா மூலக் கூறுகளுடன் மோதுகையில் ஓசோன் உண்டாகிறது.

$$O_2 + O \rightleftharpoons O_3$$

உயர் மின்னழுத்தம் கொண்ட மின்னோட்டத்தால், 50^0C இல் உள்ள பெர்குளோரிக் அமிலக் கரைசலை மின்னாற்பகுத்தால் 20% அளவில் ஓசோன் கலந்த ஆக்சிஜன் கிடைக்கும்.

இயல்பு. நிறமற்ற வளிமமான இவ்வளிமம் குறிப் பிட்டதொரு நெடி உடையது. ஆக்சிஜனைவிட நீரில் பத்து மடங்கு மிகுதியாகக் கரையக் கூடியது. நீர்ம நிலையில் கரு நீலநிறம் கொண்ட இதன் கொதி நிலை - 112.4° C. நீர்ம ஓசோன் காந்த ஈர்ப்புத் தன்மை கொண்டது. திண்ம நிலையில் ஊதா நிறப் படிகங்களாக ஓசோன் அமையும். காற்றை விடச் சிறிது கனமானது. சிறிதளவில், மூச்சுக் காற்றுடன் உட்சென்றால் வாந்தியும், மயக்கமும் விளைவிக்கும் இது பேரளவில் உட்சென்றால் மரணத்தை விளை விக்கும்.

வேதிப் பண்புகள். ஓசோன் தீவிரமாக வினைபுரி யும் திறன் கொண்டது. இது ஓர் ஆக்சிஜனேற்றி ஆகும். இது ஒரு நிலையற்ற வளிமம். சாதாரண வெப்பநிலையில் தூய ஓசோன் வெடி ஒலியுடன் விரைந்து சிதைகிறது. ஓசோன் கலந்த ஆக்சிஜன் மெதுவாகச் சிதைகிறது.

$$2\,O_3 \rightarrow 3\,O_2$$

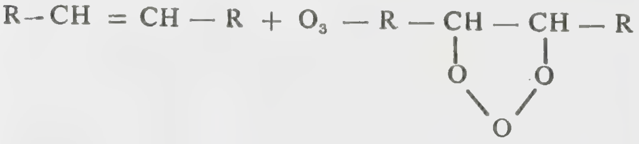
தங்கம், பிளாட்டினம், மாங்கனீஸ் டைஆக்சைடு போன்றவை சிதைவடைதலை ஊக்குவிக்கின்றன. இது ஆக்சிஜனேற்றம் செய்யப்படாத பொருளைக் கூட சாதாரண வெப்பநிலையிலேயே ஆக்சிஜனேற்றம் செய்கிறது.

$$O_3 \rightarrow O_2 + [O]$$

ஓசோன் மூலக்கூறு ஒவ்வொன்றும் எளிதாகச் சிதைவடைவதால் உண்டாகும் தீவிர அணுநிலை ஆக்சிஜன் (nascent oxygen) ஆற்றல் மிக்கதாகும். அனைத்துப் பொருள்களையும் ஆக்சிஜனேற்றம் செய்யும் திறன் இதற்கு உள்ளது. இது பொட்டாசியம் அயோடைடை அயோடினாகவும், ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடை சல்ஃப்யூரிக் அமிலமாகவும், ஹாலைடுகளை ஹாலஜன்களாகவும் ஆக்சிஜனேற்றம் செய்கிறது. ஓசோன் பாதரசத்தை ஆக்சிஜனேற்றம் செய்து பாதரச ஆக்சைடை உண்டாக்குகிறது. இதனால் பாதரசத்தின் பிறைத்தளம் மறைகிறது. பாதரசம் கண்ணாடியின் பரப்பில் ஒட்டுகிறது. இதற்குப் பாதரசம் திரியாதல் (tailing of mercury) என்று பெயர்.

ஓசோன் ஆக்சிஜனேற்றும் காரணியாக இருப்பினும் சில வினைகளில் ஒடுக்கியாகவும் (reductant) செயலாற்றுகிறது. இது பெராக்சைடுகளையும், சில்வர் ஆக்சைடையும் ஒடுக்குகிறது.

சேர்க்கை வினைகள். ஓசோன் நிறைவுறாக் கரிமச் சேர்மங்களுடன் சேர்ந்து சேர்க்கைப் பொருள்களை உண்டாக்குகின்றது. இதற்கு ஓசோனைடுகள் என்று பெயர். இவை வெடிக்கும் தன்மை உடையவை.



சான்றாக எத்திலீனுடன் சேர்ந்து எத்திலீன் ஓசோனைக் கொடுக்கிறது. இதை நீராற்பகுத்தால் ஃபார்மால்டிஹைடும் ஹட்ரஜன் பெராக்சைடும் கிடைக்கின்றன.

நிறம் நீக்கி. ஓசோன் ஆக்சிஜனேற்றக் காரணியாக இருப்பதால் தாவர நிறங்களை ஆக்சிஜனேற்றம் அடையச் செய்து நீக்குகிறது.

பயன். ஓசோன் ஒரு நல்ல பூச்சிக் கொல்லியாகும். எனவே, இது குடிநீரைத் தூய்மைப்படுத்தப் பயனாகிறது. நெரிசல் மிகுந்த திரைப்பட அரங்கு, சுரங்கப் பாதை ஆகிய இடங்களில் காற்றைத் தூய்மைப் படுத்தவும் ஓசோன் பயன்படுகிறது. எண்ணெய், தந்தம், மெழுகு போன்ற பொருள்களை வெளுப்பாக்கவும், வேனிலின் என்னும் நறுமணப் பொருள் தயாரிக்கவும், செயற்கைக் கற்பூரம் தயாரிக்கவும், செயற்கைப் பட்டு தயாரிக்கவும் பயன்படுகிறது. மேலும் கரிம மூலக்கூறுகளில் உள்ள இரட்டைப் பிணைப்பின் எண்ணிக்கைகளையும் அவற்றின் அமைப்பிடங்களையும் தீர்மானிக்க உதவுகிறது. நீர்ம நிலையில் இது விண்வெளிக் கலங்களில் எரிபொருளாகப் பயன்படுகிறது.

ஓசோனின் வாய்பாடு. ஆக்சிஜன் வழியே பொறியற்ற மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தி ஓசோன் பெறப்படுவதாலும், ஓசோனை வெப்பப்படுத்தினால் ஆக்சிஜன் மட்டுமே கிடைப்பதாலும், ஓசோன் என்பது ஆக்சிஜன் அணுக்களால் மட்டுமே ஆனது என்பது தெளிவாகிறது.

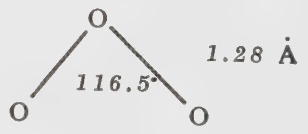
சோரட் ஆய்வு. நீரின் மேல் கவிழ்த்து வைக்கப்பட்ட இரு சம கன அளவுள்ள, அளவிடப்பட்ட கண்ணாடிக் குடுவைகளில், சம கன அளவு ஓசோன் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு குடுவைக்குள் சிறிது டர்பன்டைன் சேர்க்கப்படுகிறது. ஓசோன் அதில் கரைவதால் வளிமத்தின் கன அளவு குறைகிறது. மற்றொரு குடுவை சூடேற்றப்படுகிறது. இதில் உள்ள ஓசோன் ஆக்சிஜனாகச் சிதைவு அடைவதால், வளிமத்தின் கன அளவு மிகுதியாகிறது. இரண்டாம் குடுவையின் அதிகரித்த கன அளவு, முதற் குடுவையில் குறைந்த கன அளவில் பாதியாக இருப்பதால், இரண்டு பங்கு ஓசோன் சிதைந்து 3 பங்கு ஆக்சிஜன் பெறப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

அவோகாட்ரோ கொள்கைப்படி இரண்டு ஓசோன் மூலக்கூறுகள் சிதைந்து மூன்று ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகளைக் கொடுக்கின்றன.

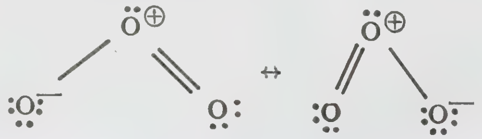
$$2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$$

எனவே, ஓசோனின் வாய்பாடு O_3 என்பதாகும்.

மேலும் ஓசோனின் ஆவி அடர்த்தி 24 என்பதாக ஆய்வு மூலம் அறியப்படுவதால், மூலக்கூற்று எடை எண் 48 ஆகும். இது O_3 என்னும் ஓசோனின் வாய்பாட்டை உறுதிப்படுத்துகிறது. ஆக்சிஜன்



அணுக்களின் பிணை நீளம் 1.28 Å. இந்நீளம் ஒற்றைப் பிணை, இரட்டைப் பிணை நீளங்களுக்கிடைப்பட்டதாக இருப்பதால், ஓசோனின் அமைப்பு கீழ்க்காணும் முக்கிய இரு உடனிசைவு அமைப்புகளின் கலப்பாக இருத்தல் வேண்டும்.



ஒவ்வோர் ஆக்சிஜன் அணுவும் sp^2 இனக்கலப்பின தாகவும், இரு புறமுள்ள ஆக்சிஜன் அணுக்கள் இரு தனித்த இணை எலெக்ட்ரான்கள் கொண்டவையா மத்தியிலுள்ள ஆக்சிஜன் ஒரு தனித்த இரட்டை எலெக்ட்ரான்கள் கொண்டதாகவும், ஓர் உள்ளடங்கா பை (π) பிணைப்பு ஆர்பிட்டால் (delocalised π orbital) மூன்று ஆக்சிஜன் அணுக்களையும் சுற்றி யிருப்பதாகவும் கொள்ளப்படும்.

- த. சுவாமிநாதன்

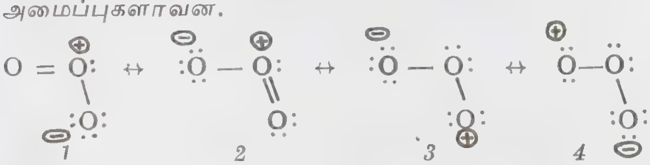
ஓசோனாற்பகுப்பு

கரிமச் சேர்மங்களில் உள்ள நிறைவுறாப் பிணைப்பு களை ஓசோனால் பகுக்கும் முறை ஓசோனாற் பகுப்பு (osonolysis) எனப்படும். ஓசோனாற் பகுப்பு மூலம் கிடைக்கும் விளைபொருள்களான சேர்மங்களை இனங்கண்டு, வினையில் ஈடுபடுத்தி நிறைவுறாக் கரிமச் சேர்மத்தின் கட்டமைப்பை முடிவு செய்யலாம். இத்தகைய ஆய்வுகளை 1903 இல் சி. ஹாரிஸ் என்பார் தொடங்கினார்.

நிறைவுறாக் கரிமச் சேர்மக் கரைசலில் ஓசோன் வளிமத்தைச் செலுத்தி ஓசோனாற் பகுப்பு நிகழ்த்தப் படுகிறது. இவ்வினையின்போது தோன்றும் இடை நிலைச் சேர்மங்களான ஓசோனைடுகள் வெடிக்கும் தன்மை பெற்று விளங்குவதால் இவை சேகரிக்கப் படுவதில்லை. இவ்வோசோனைடுகள் மேலும் ஆக்சிஜ னேற்றம் அடைந்து அமிலங்களையோ, ஆக்சிஜ ஒடுக்கம் பெற்று ஆல்டிஹைடுகள், ஆல்கஹால்கள் போன்றவற்றையோ தரும் வினைச் சூழ்நிலைகளி லேயே ஓசோனாற் பகுப்பு நிகழ்த்தப்படுகிறது. ஆக்சிஜனேற்றச் சிதைவு சாதாரண நீராற்பகுத்தலின் போதே நிகழ்ந்துவிடும். அன்றியும் ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடின் முன்னிலையும் ஆக்சிஜனேற்றச் சிதைவு நிகழ்தலை உறுதி செய்யும். ஆக்சிஜனொடுக் கச் சிதைவெனில் துத்தநாகம், நீர், அல்லது ட்ரைஃ பினைல் ஃபாஸ்ஃபீன் போன்றவற்றின் துணையோடு நிகழும். ஆக்சிஜனொடுக்கத்தின்போது இரட்டைப் பிணைப்பால் இணைந்த இரு கார்பன் அணுக்கள் ஒவ்வொன்றுடனும் இரு ஆல்கைல் தொகுதிகள் இணைந்திருப்பின், கீட்டோன்களும் கிடைக்கின்றன.

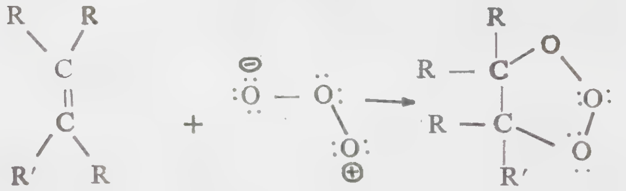
ஓசோனாற் பகுப்பின்போது, சமச்சீரற்ற நிறை வுறாக் கரிமச் சேர்மங்கள் இரு வெவ்வேறு விளை பொருள் மூலக்கூறுகளையும், சமச்சீருள்ள சேர்மங்கள் ஒரே கட்டமைப்புக் கொண்ட இரு விளைபொருள் மூலக்கூறுகளையும் தருகின்றன. இவ்வாறு பெறப் படும் விளைபொருள்களை இனங்கண்டு கொள்வ தால், எடுத்துக்கொண்ட கரிமச் சேர்மத்தில் நிறை வுறா இரட்டைப் பிணைப்பு அமைந்துள்ள இடத்தை அறியமுடிகிறது.

ஓசோனாற் பகுப்பு வினை - வழிமுறை. ஓசோ னாற் பகுப்பு வினைக்குப் பின்வரும் வினை வழி முறை கூறப்படுகிறது. ஓசோனின் உடனிசைவு அமைப்புகளாவன.

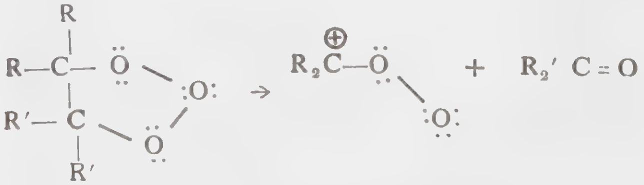


1 2 3 4

இவற்றில் 3, 4 எண்ணிட்ட உடனிசைவு அமைப்புகள் 1, 3. இருமின்முனை வளையக் கூட்டு வினை மூலம் முதலாவதாக ஒரு நிலையற்ற 1, 2, 3-ட்ரை ஆக்சாசைக்ளோ பெண்ட்டேனைத் தருகின்றன. இதை முதனிலை ஓசோனைடு (5) என்பர்.



இவ்வாறு கிடைக்கும் முதனிலை ஓசோனைடு(5) விரைந்து சிதைவடைந்து ஒரு முக்கிய இருமுனை அயனியான கார்பனைல் ஆக்ஸைடு என்னும் இடை நிலைப் பொருளையும் (6), மற்றுமொரு கார்பனைல் இடைநிலைப் பொருளையும் (7)தருகிறது.

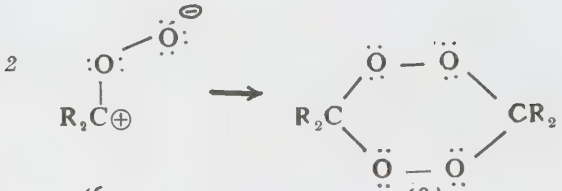


(5) (6) (7)

(6) என்னும் இடைநிலைப் பொருள் கீட்டோன் கள் என்னும் (7) எண்ணிட்ட இடைநிலைப் பொருளோடு வினைபுரிந்து ஓசோனைடுகளைத் (8) தருவது இதன் குறிப்பிடத்தக்க வினையாகும்.

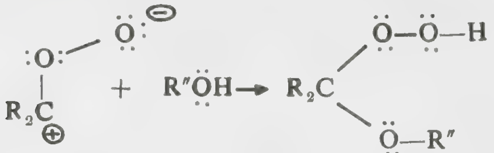
(6)

கார்போனைல் ஆக்சைடு இடைநிலைப்பொருள் (6) சில சமயங்களில் இருபடி ஆக்கல் வினைமூலம் டைபெராக்சைடுகளையோ (9) பல்லுறுப்பாக்க வினைமூலம் பாலி ஓசோனைடுகளையோ தருவதும் உண்டு.



(6) (9)

மேலும், (6) இடைநிலை இருமுனை அயனி ஊடகங்களோடும் வினைபுரியக்கூடும். அப்போது ஊடகத் தன்மைக்கேற்ப (10) என்னும் பொதுக் கட்டமைப்புக் கொண்ட ஆக்சிபெராக்ஸைடுகள் பெறப்படுகின்றன.



(6) (10)

ஆக்சிபெராக்ஸைடுகளை (10) வினை ஊடகம் நீரானால் $R''=H$ எனவும், எத்தில் ஆல்கஹாலானால் $R''=C_2H_5$ ஆகவும், அசெட்டிக் அமிலமானால் $R''=OCCH_3$ ஆகவும் அமைகின்றன.

பயன்கள். முதல் உலகப் போருக்கு முன்பு ஐஸோ யூஜினால் சேர்மத்திலிருந்து வானிலின் தயாரிக்கத் தொழில் முறையில் ஓசோனாற் பகுப்பு பயன்படுத்தப்பட்டது.

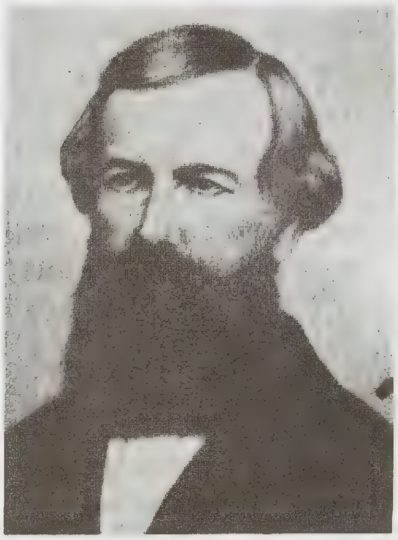
இன்று அமெரிக்க நாட்டில் ஒலிபிக் அமிலத்தில் இருந்து அஸீலாயிக் அமிலம், பெலர்கோணிக் அமிலம் ஆகியவற்றைத் தயாரிக்க மட்டுமே வணிக முறையில் ஓசனோற் பகுப்பு பயன்படுகிறது.

- கி. கண்ணன்

ஓட்டிஸ் எலிஷா கிரேவ்ஸ்

காப்புடைய உயர்த்திகளை (safety elevators) வடிவமைத்த இவர் 1811 இல் அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டில் ஃஆலிஃபாக்ஸ் என்னும் இடத்தில் பிறந்தார். ஓட்டிஸ் எலிஷா கிரேவ்ஸ் 1861 இல் நியூயார்க் நகரின் யாங்கர்ஸ் எனும் இடத்தில் இயற்கை எய்தினார்.

1930 இல் இவர் நியூயார்க்கின் ட்ராய் பகுதியில் கட்டடம் கட்டுபவராகப் பணிபுரிந்தார். பிறகு, நியூயார்க்கின் அல்பேனி எனும் பகுதியில் அமைந்த பெஸ்டெஸ் தொழிலகத்தில் தலைமை எந்திர வினைஞராகப் பணிபுரிந்து, பல எந்திரங்களை உருவாக்கினார். நியூயார்க் நகரின் யாங்கர்ஸ் எனும் பகுதியில் ஒரு புதிய தொழிலகத்தை நிறுவி அதில் தக்க எந்திரங்களைப் பூட்டுமாறு இவர் தொழிலகம் 1852 இல் கட்டளையிட்டது. இங்கே இவர் முதன் முதலாகப் பாதுகாப்புடைய தானியங்கு உயர்த்தியை வடிவமைத்துப் பயன்படுத்தினார். இது கயிறு அறுந்தாலும் உயர்த்தி கீழே இறங்காமலிருக்கும்படி அமைந்தது.



படம். ஓட்டிஸ் எலிஷாகிரேவ்ஸ்

அடுத்த ஆண்டே இவர் ஒரு புதிய உயர்த்தித் தொழிலகம் நிறுவி, 1853 இல் முதல் உயர்த்தி எந்திரத்தை விற்றார். 1854 இல் நியூயார்க் நகரைச் சேர்ந்த கிரிஸ்டடல் பேலஸ் எனுமிடத்தில் தம் உயர்த்தியின் கயிற்றை அறுத்து அது காப்பாக இயங்குவதை விளக்கிக் காட்டும்வரை அவரின் உயர்த்திகள் பெரும்பான்மையாக விற்பனை ஆகவில்லை. 1956 இல் முதல் காப்பு உயர்த்தியை நியூயார்க் நகரக் கடையொன்றில் பயணிகள் பயணம் செய்ய நிறுவினார். 1861 இல் நீராவியால் இயங்கும் உயர்த்தியை வடிவமைத்தார். இவருடைய மக்கள் இருவரும் இந்த உயர்த்தியை வணிகமுறையில் விற்பனை செய்து பெரும் பொருளீட்டினர்.

- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

ஓட்

இது தாவரவியலில் அவினா எனப்படும். அவினா என்னும் இனம்போயேசி என்ற ஒருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இவ்வினத்தில் மொத்தம் 70

சிற்றினங்களுண்டு. இவை பெரும்பாலும் மித வெப்ப நாடுகளிலும், வெப்ப நாடுகளின் மலைப்பகுதியிலும் பயிராகின்றன. இந்தியாவில் 14 சிற்றினங்கள் வங்காளம் முதல் சிந்து நதி வரை வடக்கே இமய மலை வரை பரவிக் காணப்படுகின்றன. பொதுவாக வணிகத்தில் ஓட்ஸ் என்பது அவினா சடைவா (*avena sativa*) என்னும் சிற்றினத்தையே குறிக்கும். இது வட அமெரிக்கா, சோவியத் ஒன்றியக் குடியரசின் குளிர் மித-வெப்பப் பகுதிகளில் பயிரிடப் படுகிறது.

இந்த இனத்தில் காணப்படும் சிற்றினங்களில் சில கால்நடைகளுக்குத் தீவனமாகவும் பயிருக்குக் களையாகவும் இருக்கும். மற்றவை மனிதருக்கு உணவாகப் பயன்படுகின்றன.

அ. சடைவா (*A. sativa*) ஓட்ஸ், அ. அபிசின்னிகா (*A. abysinnica*) ஓட்ஸ், அ. பைசேன்டினா (*A. byzantina*) இந்தியச் சிவப்பு ஓட்ஸ், அ. பீரவிஸ் (*A. brevis*) குட்டை ஓட்ஸ், அ. நீயுடா (*A. nuda*) நிர்வாண ஓட்ஸ், அ. ஓரிணண்டாலிஸ் (*A. orientalis*) ஹங்கேரி அல்லது துருக்கி ஓட்ஸ் முதலியவை தானியங்களுக்காகப் பயிரிடப்படுகின்றன. இவற்றைத் தவிர தன்னிச்சையாக வளரும் சில சிற்றினங்கள் கால்நடைத் தீவனமாகின்றன. அவை, அ. பார்பேடா (*A. barbata*), அ. ஃபேடுவா (*A. fatua*), அ. ஸ்டெரிலிஸ் (*A. sterilis*), அ. ப்யூப்சென்ஸ் (*A. bubecens*) என்பனவாகும்.

இந்தியாவின் ஓட்ஸ் பயிர் அ. பைஸேன்டினாவே யாகும்; அ. சடைவா அன்று என்பது போஸ் என்பவரின் கருத்து. ஆனால் அ. சடைவா இந்தியாவில் கால்நடைகளுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுவதற்குக் காரணம் தானியங்கள் இங்கு மெதுவாக முதிர்ச்சி அடைவதுதான். இது ஓர் அறுமயத் (6) தானியம். இது மத்திய தரைக்கடல் பகுதியைத் தாயகமாகக் கொண்ட அ. ஃபேடுவா என்னும் காட்டுச் சிற்றினத்திலிருந்து வந்திருக்கலாம் என்பது தாவரவியலாளர் கருத்தாகும். மேலும் இந்தக் களைச் செடி கோதுமை அல்லது பார்லி மூலம் பிற நாடுகளுக்குப் பரவியிருக்கக் கூடும்.

தோற்றம். குளிர்ச்சியான, நீர் வளம் கொண்ட கிழக்கு ஐரோப்பாவில்தான் முதலில் ஓட்ஸ் தோன்றியிருக்கக்கூடும். மனிதர்கள் பல நூற்றாண்டுகளாக இதைக் களைச்செடியாகவே கருதியுள்ளனர். ஐரோப்பாவில் இரும்புக் காலத்திலேயே பயிரிடப் பட்டு வந்தமைக்குச் சான்றுகள் உள்ளன. ஸ்விட்சர்லாந்து, ஜெர்மனி, டென்மார்க் ஆகிய நாடுகளில் அகழ்வாராய்ச்சி மூலம் பல்லாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே ஓட்ஸ் பயிரிடப்பட்டதாகத் தெரிகிறது. சிவப்பு அல்லது இந்திய ஓட்ஸ் (அ. பைசேன்டினா) என்பது அ. ஸ்டெரிலிஸ்ஸிலிருந்து தோன்றியிருக்கக் கூடும் என்று மரபியல் ஆராய்ச்சியாளர் கருதுகின்றனர்.

புறத்தோற்றம். அ. சடைவா ஒரு பருவச் செடியாகும். 60 முதல் 150 செ. மீ. வரை நேராக, உயரமாக, கொத்தாக வளரக்கூடியது. இலைகள் மெலிந்து, நீண்டு நீலப்பசுமையோடு இருக்கும். மஞ்சரியின் தண்டுநுனி கூட்டுப்பூத்திரளாகும் (panicle). அதில் மெல்லிய நீண்ட காம்போடு கூடிய ஸ்பைக்லெட்டுகள் தொங்கிய நிலையில் இருக்கும். க்ளும் (glume) எனப்படும் பூவடிச்செதில்கள் 7-11 வரை உண்டு. சில கீளும்கள் நீண்ட மயிர் போன்ற நீட்சியைப் பெற்றிருக்கும். அவற்றை ஆண்கள் (awns) என்பர். அவற்றின் அடிப்பகுதி முறுக்கிக் கொண்டு விதை பரவுதலுக்குப் பயன்படுகின்றன. பூக்கள் பொதுவாக இருபால் பூக்கள் ஆகும். ஆனால் மஞ்சரி நுனியில் காணப்படும் பூக்கள் ஒருபாலாக மாறக்கூடும்.

தானியம். இதன் நீளம் 1-2 செ. மீ, சிறியதாக, குறுகலாக, தூளிகளுடனும், நெடுக்குவாட்டில் பிளவுடனும் காணப்படும்.

ஓட்ஸ்

சூழ்நிலையும் சாகுபடியும். ஓட்ஸைப் பயிரிடத் தனி வகை மண் தேவையில்லை. மண்ணில் நீர் மிகுந்துஇருக்கக்கூடாது. மண்ணில்எந்தத் தானியமும்

விளையாத சூழ்நிலையில் ஓட்ஸ் வளரும் தன்மை பெற்றது. அது அமிலத்தன்மையுள்ள மண்ணிலும் வளரக்கூடியது. குளிர்பகுதிகளில் இள வேனிற் காலத்திலும், மிதவெப்பப் பகுதிகளில் இலையுதிர் காலத்திலும் நடப்படுகின்றது. விதைகள் கைகளாலோ கருவிகள் மூலமாகவோ தூவப்படு கின்றன. விதைத்த மூன்று மாதத்தில் தானியங்கள் அறுவடைக்கு ஏற்ப முற்றிவிடும்.

பயன். ஓட்சைக் கிரேக்கர்களும் ரோமானியர் களும் முதலில் கால்நடைத் தீவனமாகப் பயன் படுத்தினர். பதினைந்தாம் நூற்றாண்டிற்குப் பிறகு தான் மனிதர்களால் உணவாகக் கொள்ளப்பட்டது. ஸ்காட்லாந்துக்காரர்கள் இதை முக்கிய உணவாகக் கொள்கின்றனர்.

மனிதருக்குப் பயன்படும் ஓட்ஸ் தானியத்தைத் தூய்மைப்படுத்த வேண்டும். அதன்மேலேயுள்ள உமி நீக்கப்படவேண்டும். சிற்றுண்டித் தானியங்களின் பெரும்பகுதியில் ஓட்ஸ் அடங்கும். விலை குறைவான இதில், புரோட்டின் சத்து மிகுதியாகும். ஓட்சி லிருந்து தயாரிக்கப்படும் ஓட்ஸ்-சோறு (Oat-meal) மிகுதியான வைட்டமின் B கனிமப்பொருள்களான கால்சியம், இரும்பு, பாஸ்ஃபரஸ், நிக்கோடினிக் அமி லம் ஆகியவற்றைப் பெற்றிருக்கும். இது நரம்பு மண் டலத்திற்கு ஏற்றது.

ஓட்ஸ் சோறு தயாரிப்பு. ஓட்ஸ்சோறு தயாரிப்பில், முதலில் ஓட்சைக் காயவைத்து வறுக்கவேண்டும். இதனால் உமியை நீக்கவும், தானியத்திற்கு மணம் சேர்க்கவும் முடியும். பிறகு நீராவியில் வேகவைத்து, வெட்டிச் சுருட்டவேண்டும்.

ஓட்ஸ் மாவை அவினெக்ஸ் என்னும் வணிகப் பெயரால் குறிப்பர். இது ஆக்சிஜன் ஏற்பு எதிர்ப் பொருள் (anti oxidant) ஆகும். அதனால் இது எளி தில் கெடுவதில்லை. நிலக்கடலை-வெண்ணெய், மார்க்ரைன், வெண்ணெய்த் தின்பண்டங்களில் இது நிலைப்படுத்துவானாகப் (stabilizer) பயன்படுகிறது. சில ஆக்சிஜன் ஏற்பு எதிர்ப்புப் பொருள்கள் நச்சுத் தன்மை கொண்டிருந்தமையால் இதையே பெரும் பாலும் பயன்படுத்துகின்றனர். மேலும் காஃபிபொடி, உப்பிட்ட கொட்டைகள், உருளைக் கிழங்கு வறுவல் முதலியவற்றைத் தாள் பொட்டலம் போடுவதற்கு முன்பு பொட்டலத்தினுள் இம்மாவு தூவப்பட்டு வந்தது.

வணிகச் சிறப்புப் பெற்ற ஃப்ர்ஃப்யூரால் என்னும் வேதிப் பொருள் ஓட்ஸ்உமியிலிருந்து சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தின் உதவியால் எடுக்கப்படுகிறது. உமியில் 32-36% பென்டோசான் 35% செல்லுலோஸ் 10-15% லிக்னின் உள்ளன. இதில் பென்டோசான்தான் அமிலத்தின் கிரியையால் தேன் வண்ணம் கொண்ட ஃபர்ஃப்யூரலாக மாறுகிறது. இதனால் செயற்கைப் பிசின்கள், நைலான், மசகு எண்ணெய், பூஞ்சைக் கொல்லிகள், பாதுகாப்பான்கள் (preservatives) முத லிய பொருள்களைத் தயாரிக்கின்றனர்.

நோய். சில புழுக்கள் ஓட்ஸ் நாற்றின் குருத்தைக் கத்தரித்து அழிப்பதுண்டு. இதைத் தவிர்க்கப் பருவத் திற்கு முன்பே விதைகளைத் தூவ வேண்டும். பூஞ்சை களான பக்சினியா (puccinia) மூலம் துரு நோயும் அஸ்ட்டிலாகோ மூலம் தூசிநோயும் வருவதுண்டு. கதிர்வீச்சு மூலம் பல உயர்வகை ஓட்ஸ் வகைகள் தோன்றியுள்ளன. 1960 இல் ஃப்ளாரிடா மாநிலத்தில் ஃப்ளாரேட் என்னும் புதுவகை ஓட்ஸ் அறிமுகப்படுத் தப்பட்டது. இது தண்டு துரு நோய் எதிர்ப்பாற்றல் கொண்டது. மேலும் இதன் வைக்கோல் கெட்டி யானது. தற்சமயம் கலப்பினச் சோளம், அல்ஃ பால்பா இவை பயிரிடப்படுவதால் ஓட்ஸ் சாகுபடி பெருவாரியாகக் குறைந்து வருகிறது.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஓடல் காட்டி

ஹோடோஸ்கோப் என்ற கிரேக்கச் சொல்லுக்குப் பாதை காட்டி என்பது பொருள். ஒரு துகளின் பாதை ஆயங்களை நேரடியாகக் காட்டக்கூடிய ஒரு கருவியை இது குறிக்கிறது. 1955ஆம் ஆண்டில் கான்வெர்சி, கோசினி என்ற இத்தாலிய அறிவியலார் தாம் உருவாக்கிய ஒரு கருவிக்கு இந்தப் பெயரிட் டார். அக்கருவியில் இரு உயர் மின்னழுத்தத் தகடு களுக்கிடையில் நியான் நிரம்பிய பல குழல்கள் வைக்கப்பட்டிருந்தன. அவற்றில் துகள்கள் ஓடும் போது அவற்றின் பாதைகள் நியான் குழல்களில் தோன்றிய ஒளிர்வுகளால் காணப்பட்டன. அதன் பிறகு துகள்களின் பாதைகளைக் காட்டக்கூடிய பிற கருவிகளுக்கும் ஹோடோஸ்கோப் என்ற பெயர் அளிக்கப்பட்டு விட்டது.

பொறிக்கல ஓடல் காட்டி (spark chamber hodoscope) என்ற கருவி ஒரு கம்பிப்பொறிக் கல மாகும். இதில் இணையான பலகம்பிகள் அடங்கிய இரு சட்டங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு கம்பியிலும் ஒரு முனையில் ஒரு பெர்ரைட் உள்ளகம் நுழைக்கப் பட்டிருக்கிறது. பெர்ரைட் பொருள்களுக்கு இரு நிலைப்பாடுள்ள காந்தமாக்கல் நிலை உண்டு. மின்னோட்டத்தின் மூலம் உண்டாகும் காந்தப் புலத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு காந்தமாக்கல் நிலையி லுள்ள பெர்ரைட் உள்ளகத்தை ஏனைய காந்த மாக்கல் நிலைக்கு மாற்றி விட முடியும். ஒரு கம்பியில் துகள் படும்போது ஏற்படும் பொறிகளால் தோன்றும் மின்னோட்டம் அதிலிணைந்துள்ள

உள்ளகத்தின் ஒரு வகைக் காந்தமாக்கல் நிலையைப் பிற வகைக் காந்தமாக்கல் நிலையாக மாற்றிவிடுகிறது. பெர்ரைட் உள்ளகங்களை வரிக்கண்ணோட்டமிடுவதன் மூலம் (scanning) கம்பிகளில் பொறி தோன்றிய இடங்கள் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. அதே சமயத்தில் அனைத்துப் பெர்ரைட் உள்ளகங்களும் மீண்டும் பழைய காந்தமாக்கல் நிலைக்கு மீட்கப்படுகின்றன. அடுத்தடுத்த கம்பிகளின் தளங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருப்பதால், பெர்ரைட் உள்ளகங்களின் தகவல்களிலிருந்து பொறி சென்ற பாதையின் ஆயங்களை முப்பரிமாணத்தில் எண் வடிவங்களாகப் பெற முடிகிறது.

பொறிக்கல ஓடல் காட்டியை ஒரு கணிப்பொறியுடன் இணைத்துப் பொறி தோன்றும்போதே அதன் பாதையைக் கணித்து விட முடிகிறது. அதில் மீண்டுவரும் நேரம் (recovery time) மிகக் குறைவாயிருப்பது ஒரு சிறப்புப் பண்பு ஆகும். பெர்ரைட் உள்ளகத்தின் காந்தமாக்கல் நிலையை மாற்ற மிகக் குறைந்த ஆற்றலே தேவைப்படுகிறது. ஒளிப்படம் எடுக்க முடியாத அளவுக்குப் பொலிவு குறைந்த பொறி கூட பெர்ரைட் உள்ளகத்தின் காந்தமாக்கல் நிலையை மாற்றத் தேவையான மின்னோட்டத்தை உண்டாக்க முடியும். எனவே அதற்கேற்ற அளவில் அயனியாக்கம் குறைவாகவே இருக்கும். அயனியாக்கம் செய்யப்பட்ட துகள்களை நீக்க ஆகும் நேரமும் குறைவு. கருவி ஒரு மில்லி நொடி அல்லது அதற்கும் குறைவான நேரத்திலேயே மீண்டு வந்துவிடும். பெர்ரைட் உள்ளகங்களை வரிக்கண்ணோட்டமிடவும், அவற்றைப் பழைய நிலைக்கு மீட்டு வரவும் குறைந்த நேரமே பிடிக்கிறது. இதன் காரணமாக ஓடல் காட்டி அடுத்தடுத்து வரும் துகள்களின் பாதைகளைக் கணிக்கும் வீதம் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

மினுமினுப்பு எண்ணி ஓடல் காட்டி. உயர் ஆற்றல் துகள்களை வைத்துச் செய்யப்படும் சில ஆய்வுகளின் மிகக் குறைவான நேர இடைவெளிகளில், இடைவினைகளைப் பதிவு செய்ய வேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது. பொறிக்கல ஓடல்காட்டிகளால் கூட அந்த அளவுக்கு விரைவாக மீண்டு வர முடிவதில்லை. அத்தகைய சூழ்நிலைகளில் மினுமினுப்பு எண்ணி (scintillation counter) ஓடல் காட்டிகள் பயன்படுகின்றன. இவற்றில் இடப் பிரிதிறன் (space resolution) குறைவாயிருப்பினும் அதாவது துகள் பாதைகளின் ஆயங்களை நுணுக்கமாகக் கணிக்க முடிவதில்லை என்றாலும் வேறு வழியின்றி அவற்றின் உதவியை நாட வேண்டியுள்ளது. மினுமினுப்பு எண்ணி ஓடல் காட்டிகளில் நீண்ட மெலிந்த செவ்வக வடிவப் பட்டைகள் வரிசையாக அமைந்துள்ளன. அப்பட்டைகள் மினுமினுப்புப் பண்பு உள்ள நெகிழியாலானவை. அவை 25 செ. மீ. நீளமும் 0.5 செ. மீ. அகலமும் 0. 5. செ. மீ. தடிமனும் கொண்டவையாயிருக்கும். இவை அடுத்தடுத்து வைக்கப்பட்டு ஓர் உணர்வு காட்டுகிற சமதளப் பரப்பாக அமைந்திருக்கும். இத்தகைய 50 பட்டைகள் 25 ச. செ. மீ. பரப்பில் பரவியிருக்கும். தேவைக்கேற்றபடி மிகுந்த நீளமும் தடிமனும் கொண்ட பட்டைகளைப் பயன்படுத்தி இப்பரப்பை உயர்த்திக் கொள்ளலாம்.

ஒவ்வொரு பட்டையிலும் ஓர் ஒளிமின் கலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பட்டையின் வழியாக ஒரு மின்துகள் பாயும்போது அத்துடன் இணைந்த ஒளிமின் கலத்திலிருந்து ஒரு மின்னோட்டக் குறியீடு வெளிப்படும். இதன் மூலம் துகள் பாதையின் ஓர் ஆயம் கிடைக்கும். இதே போல மற்ற இரு திசைகளிலும் பட்டைகளை அடுக்கி வைப்பதன் மூலம் அவற்றிலும் துகள் பாதையின் ஆயங்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். இவ்வாறு கிடைக்கும் தகவல்களைக் கணிப்பொறியில் செலுத்திப் பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.

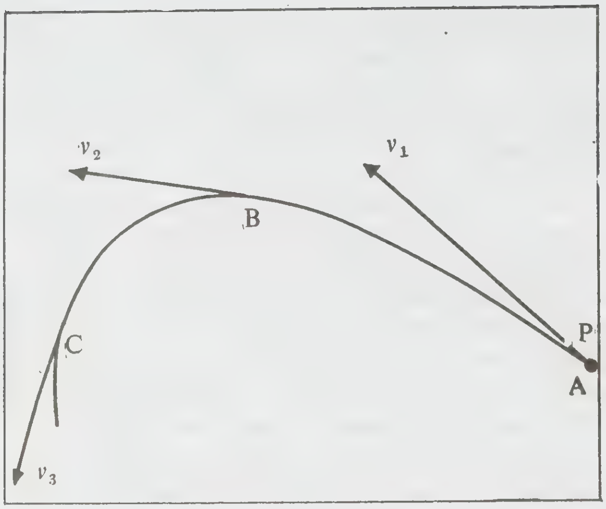
மினுமினுப்பு எண்ணிகளின் மீண்டுவரும் நேரம் மிகக்குறைவு. எனவே அதில் மிக விரைவாக அடுத்தடுத்து வரும் துகள் பாய்வுகளைப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. ஆனால் துகள் பாதை ஆயங்களைக் கணக்கிடுவதில் உள்ள நுட்பம் பட்டைகளின் அகலத்தைப் பொறுத்துள்ளதால் அது கட்டுப்படுத்தப்பட்டு விடுகிறது. பட்டைகளின் அகலத்தை 5 மி. மீக்கும் குறைவாக அமைப்பது நடைமுறைக் காரணங்களால் இயல்வதில்லை. எனவே ஆயங்களில் 2.5 மி. மீ வரை பிழை ஏற்படக் கூடும். இதற்கு மாறாக 1 மி. மீ இடைவெளியுடன் அமைந்த கம்பிகளைக்கொண்ட பொறிக்கலத்தில் இந்தப் பிழை 0. 5 மி. மீ ஆகவே இருக்கும்.

-கே. என். ராமச்சந்திரன்

நூலோதி. Samuel Glasstone, *Source Book on Atomic Energy* D.Van Nostrand, New York, 1969.

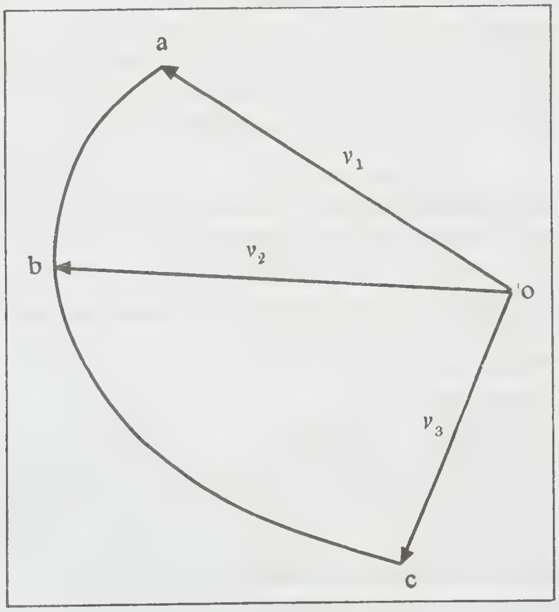
ஓடல்வரைவு

ஒரு பொருள் வளைவான பாதையில் பயணம் செய்யும்போது அதன் திசைவேகமும் பயணத் திசையும் மாறுகின்றன. அதன் முடுக்கத்தையும் பாதையையும் ஓடல்வரைவு (hodograph) என்ற வரைபட முறையில் எளிதாகக் கண்டுபிடித்து விடலாம். ஒரு பாதையில் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் துகளின் திசைவேகத்தைக் குறிப்பிடுகிற திசையன் கோடுகளின் முனைகளை இணைப்பதன் மூலம் கிடைக்கிற வரைகோடு ஓடல்வரைவு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக P என்ற புள்ளி ABC என்ற வளைபாதையில் பயணம் செய்வதாகக் கொள்ளலாம் (படம்1). A,B,C ஆகிய புள்ளிகளில் அதன் திசை வேகங்கள் முறையே



படம் 1

v_1, v_2, v_3 எனலாம். O என்ற புள்ளியிலிருந்து இந்தத் திசைவேகங்களை அளவிலும் திசையிலும் குறிப்பிடுகிற வகையில் Oa, Ob, Oc என்ற திசையன்களை வரையவேண்டும் (படம்2). a,b,c ஆகிய புள்ளிகளை இணைப்பதன் மூலம் கிடைக்கிற வரைகோடு P இயக்கத்தின் ஓடல்வரைவு ஆகும்.



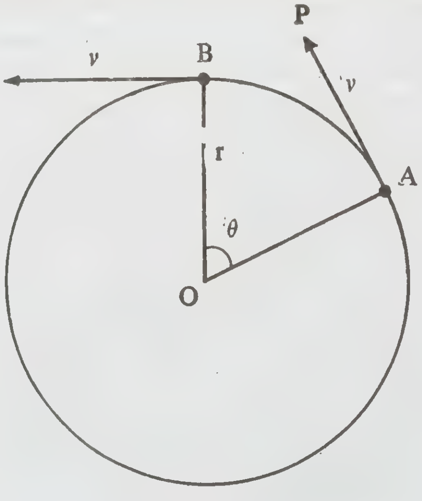
படம் 2.

P என்ற புள்ளி ஒரு சீரான திசைவேகத்துடன் ஒரே திசையில் பயணம் செய்து கொண்டிருக்குமானால் a, b, c ஆகியவை ஒரே புள்ளியில் அமைந்துவிடும். எனவே அத்தகைய இயக்கத்தில் ஓடல்வரைவு ஒரு புள்ளியாக இருக்கும். P என்ற புள்ளி ஒரே திசையில் பயணம் செய்து கொண்டிருந்தாலும் அதன் திசைவேகம் மாறிக்கொண்டே இருக்குமானால் அதன் இயக்கத்தின் ஓடல்வரைவு O வழியாகச் செல்கிற ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாகப் புவி ஈர்ப்பு விசையில் ஆளுமையில் விழுந்து கொண்டிருக்கிற ஒரு பொருளுக்கு ஓடல்வரைவு O வழியாகச் செல்கிற ஒரு செங்குத்துக் கோடாக இருக்கும்.

P என்ற புள்ளி கிடைத்திசையிலான ஒரு திசைவேகத்துடன் வீசப்பட்டால் அது ஒரு பரவளையப் பாதையில் பயணம் செய்யும். அதன் திசைவேகத்தின் திசையும் எண்மதிப்பும் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். அதன் கிடைத்திசை வேகம் தொடக்கத்திலிருந்த அளவிலேயே மாறிலியாக இருக்கும். ஏனெனில் புவி ஈர்ப்பு முடுக்கம் செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கிச் செயல்படுகிறது. எனவே a,b, c ஆகிய புள்ளிகள் எப்போதும் O-விலிருந்து சமமான கிடைத் தொலைவிலேயே இருக்கும். இதன் காரணமாக ஓடல்வரைவு O வழியாகச் செல்லாத ஒரு செங்குத்துக் கோடாக அமையும்.

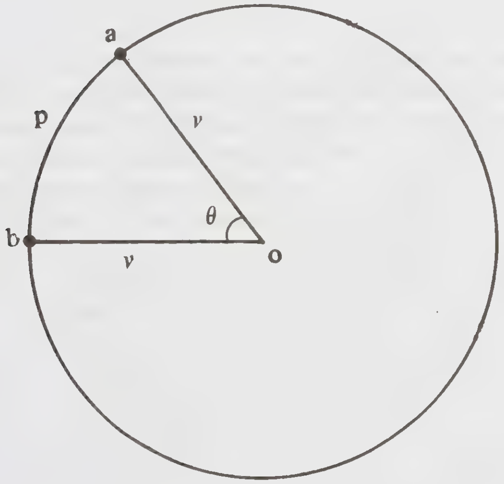
Pஇன் பாதை ஒரு மூடிய கண்ணியாக இருந்தால் ஓடல்வரைவு ஒரு மூடிய கண்ணியாக இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக P புள்ளி v என்ற சீரான வேகத்துடன் ஒரு வட்டப் பாதையில் பயணம் செய்யுமானால் அதன் இயக்கத்தின் ஓடல்வரைவும் v என்ற ஆரமுள்ள ஒரு வட்டமாக இருக்கும். ஏனெனில் Oa, Ob, Oc போன்ற எல்லாத் திசையன்களும் v என்ற நீளமுள்ளவையாகவே அமையும். இதற்கு மாறாக Pஇன் திசைவேகம் மாறுவதாயிருந்தால் அதன் ஓடல் வரைவு ஒரு நீள்வட்டமாக அமையக்கூடும்.

ABC என்ற வளைகோட்டின் மேலுள்ள எந்த ஒரு புள்ளியிலும் P இன் முடுக்கம் எண் மதிப்பிலும்



படம் 3

திசையிலும், ஓடல் வரைவிலுள்ள நேரிணையான புள்ளியின் திசைவேகத்திற்குச் சமமாயிருக்கும். P என்ற பொருள் A இலிருந்து B க்கு t நொடிகளில் செல்ல, A-இல் அதன் திசைவேகம் v_1 எனவும் Bஇல் v_2 எனவும் கொள்ளலாம் ஓடல்வரைவில் p என்ற புள்ளி abc என்ற வளைகோட்டில் நகரும்போது p என்ற புள்ளி A-இலிருந்து B-க்கு t நொடிகளில் செல்லும்போது p,a-இலிருந்து b-க்கு t நொடிகளில் செல்லும். எனவே p-இன் திசை வேகம் ab/t ஆகும். ஆனால் Oa என்பது A - யில் P-இன் திசை வேகத்தையும், Ob என்பது Bஇல் அதன் திசைவேகத்தையும் குறிப்பிடுகின்றன. திசைவேகங்களின் முக்கோண விதியின்படி t விநாடிகளில் P இன் திசைவேகத்தில் ஏற்படும் மாற்றமும், p இன் முடுக்கமும் ab/t -யால் அதாவது ஓடல் வரைவில் p இன் திசைவேகத்தினால் தரப்படும். இம்முறையில் ஒரு வட்டப் பாதையில் ஓடும் பொருளின் முடுக்கத்தை எளிதாகக் கண்டு கொள்ளலாம். O என்ற மையமும் r என்ற ஆரமும் கொண்ட ஒரு வட்டப் பாதையில் P நகரலாம். (படம் 3). அதன் சீரான திசைவேகம் v எனலாம். ஆகவே அதன் இயக்கத்தின் ஓடல் வரைவு v என்ற ஆரமுள்ள ஒரு வட்டமாக இருக்கும் (படம் 4). எந்த ஒரு கணத்திலும், P இன் திசைவேகம் அதன் வட்ட பாதையின் ஆரத்திற்குச் செங்குத்தாகவே இருக்கும். எனவே Oa என்பது OA-க்குச் செங்குத்தாகவும் Ob என்பது OB-க்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும்.



படம் 4

எனவே AOB = aOb = θ

AB என்ற வில்லை P புள்ளி t விநாடிகளில் கடந்தால் அதன் திசைவேகம் v = AB/t = r θ/t. எனவே $\theta = vt/r$. வரைவில் p-யின் திசைவேகம் ab/t = $v\ \theta$/t.

p இன் திசைவேகம், P - யின் முடுக்கத்திற்குச் சமம். எனவே p-யின் முடுக்கம் = $v\theta/t$ = v^2/r.

ab மிகச்சிறியதாகையால் அது சிறும வரம்பு நிலையில் Oa-க்குச் செங்குத்தாகவும் OA-க்கு இணையாகவும் இருக்கும். இவ்வாறு P இன் முடுக்கம் அதன் வட்டப்பாதையின் மையத்தை நோக்கியவாறு அமைந்திருக்கிறது. P-யின் கோணத் திசை வேகம் ω எனில், $v = r\omega$

எனவே Pஇன் முடுக்கம் = $r^2\ \omega^2\ r = r\omega^2$

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஓடு

கட்டடங்களில் உட்புறமாகவோ வெளிப்புறமாகவோ உள்ள பரப்புகளின்மேல் வைக்கப்படும் சுட்ட களிமண்ணால் ஆன மெல்லிய பலகம் (slab) போன்ற பொருளுக்கு ஓடு என்றுபெயர். கூரை சுவர், தரை போன்றவற்றை அமைக்கவோ அழகு படுத்தவோ ஓடுகளைப்பயன்படுத்தலாம். இவை நுண்துளைகள் நிறைந்த செங்கற்களைப் போலவும், நெருக்கமான பீங்கானைப் போலவும், உள்ளன. ஓடுகள் இவ்விருவகைகளில் இருப்பதற்கு அவற்றைச் செய்ய எடுத்துக்கொண்ட களிமண்ணின் கூறுகளும் தயாரித்த பின்னர் கொடுக்கப்படும் வெப்ப நிலையும் காரணங்களாகும். ஓடுகளின் மீது கண்கவரும் வண்ணங்களை அமைப்பதற்குக் கண்ணாடி போன்ற மெருகு (vitreous glaze) பூசப்படுகிறது.

தற்போது ஓடு என்ற பெயர் பீங்கான் அல்லாத சில பொருள்களையும் குறிக்கும். வினைல் சேர்மங்கள், தக்கை (cork), கம்பளம், மரம், கல் முதலிய வற்றால் செய்யப்பட்டுப் புறப்பரப்பின் மீது வைக்கப் படும் சிறிய பலகம் போன்ற பொருள்களுக்கும் ஓடு என்றே பெயர். பீங்கானாலான தட்டையில்லாத சில கட்டடப் பொருள்களும் ஓடு எனப்படும். எ.கா களிமண் குழாய்களின் பகுதிப் பொருள்கள்.

தொன்மை ஓடுகள் (ancient tiles). தொன்று தொட்டு மரம், உலோகம், எலும்பு போன்ற பொருள்கள் கட்டட வேலைக்குப் பயன்பட்டு வந்தன. இவற்றால் தொல் பொருள் ஆராய்ச்சியாளர்கள் பல உண்மைகளை அறிந்தனர். சிக்காட்ஸ் எனப்படும் கோயில் கோபுரங்கள் (களிமண்), மெசபொடேமியாவின் அரண்மனைகள் ஆகியவை சுட்டசெங்கற்களால் ஆனவை. இக்கட்டடங்களின் சுவர்கள் பளபளக்கும் மெருகேற்றப்பட்டு இருந்தன. இச்சுவர்கள் கி.மு. 2000 ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட மெசபொடேமியர்களின் கலைக்குச் சான்றாகும்.

சுசா என்னும் இடத்தைச் சேர்ந்த பெர்சிய மன்னரான டேரியஸ் என்பவரின் அரண்மனை வளைவு களில் காணப்படும் பொதிகைச் சிற்பங்கள் (frieze) பெர்சிய ஓட்டுக் கலைக்குச் சிறந்த சான்றாகும். இவ் வகைச் சிற்பங்கள் ஆறாம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந் தவை. ரோமானியர்கள் இருவித ஓடுகளைப் பயன் படுத்தினர். ஒருசில ஓடுகள் மெருகேற்றப்படா தவை. இவற்றில் ஒருவகை தரைகளுக்கும் மற்றொரு வகையான மெருகேற்றப்பட்ட ஓடுகள் வீடுகளுக்கும், வீட்டுச் சுவர்களில் பழமையான ஓவியங்கள் வரை வதற்கும் பயன்பட்டன.

இஸ்லாமியக் கட்டடக்கலையும் மெசபொடே மியர்களின் திறமையைப் பயன்படுத்திக் கொண்டது. இஸ்லாமியர்கள் வெற்றி கொண்ட பகுதிகளில் இருந்த பெர்சியக் கைவினைஞர்களின் துணையோடு கட்டடங்கள் மெருகேற்றப்பட்ட ஓடுகளால் கட்டப் பட்டன. ராஸி, டேபிரிஸ், இஸ்டகான், விராமின் போன்ற நகரங்களில் கட்டப்பட்டுள்ள மசூதிகள், பொதுக்கட்டடங்கள் ஆகியவற்றின் உட்புறமும் வெளிப்புறமும் ஒளிவீசும் ஓடுகள் பயன்படுத்தப் பட்டன. இவ்வோடுகள் ஒளிபொருந்திய மெருகுள்ள ஓடுகளாகும். பெரும்பாலும் இவ்வகை ஓடுகள் வெண்மையாகவோ நீலமாகவோ ஒளிப்பகட்டான (iridescent) தங்க நிறத்திலோ இருந்தன. இவற்றின் வண்ணங்கள் வெளிச்சத்திற்கேற்றவாறு பச்சை நிறத்திற்கோ, ஊதா நிறத்திற்கோ, சிவப்பு நிறத்திற்கோ மாறும் திறன் கொண்டவை. பல வண்ண ஓவியங்கள் உள்ள **வடிவியல்** ஓடுகளில், வண்ண ஓடுகள் அடுக்கப்பட்டன.

ஐரோப்பிய கால ஓடுகள். 12 ஆம் நூற்றாண்டில் தான் ஐரோப்பியர்கள் தங்கள்கிறித்துவ ஆலயங்களில் சுவர்களுக்கு ஓடுகளைப் பயன்படுத்தத் தொடங்கினர். இந்த ஓடுகள் கார மண்ணால் ஆனவை. சிவந்த-மாநிற ஓடுகளில், வெள்ளை அல்லது மஞ்சள் களிமண்ணைப் பதிய வைத்து இவ்வகை ஓடுகள் எரியூட்டப்படுகின்றன. இதனால் நீண்ட காலம் உழைக்கும் புறப்பரப்புக்கிடைக்கிறது.பல நூற்றாண்டு கள் வரை வீடுகளின் தரைகளுக்குச் சாதாரணக் களிமண் ஓடுகளே பயன்பட்டு வந்தன. வீடுகளின் சுவர்கள் கறுப்பு அல்லது பளிங்குக்கல் (marble) ஓடுகளால் ஆனவை. ஸ்பானியக் கட்டடக்கலையில் இஸ்லாமியர்களின் தாக்கம் காணப்பட்டது. அவர்கள் சுவர்களின் மேல் ஓடுகளைப் பதித்து அவற்றிற்கு வெள்ளை நிற மெருகேற்றி அவற்றின் மேல் வீரர்கள் அல்லது முனிவர்களின் படங்களை வரைந்தனர். மேலும் அவற்றிற்குக் கறுப்பு அல்லது மஞ்சள் வண்ணம் பூசினர்.

டெஃப்ட் (deft) ஓடுகள் செய்யும் முறை, இக் கால ஓடுகள் செய்யும் முறைக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது. இம்முறையில் முதலில் மென்மையான களிமண் சதுர வடிவான வார்ப்புகளில் பதிக்கப்படு கிறது. அவற்றில் பிசிர் எடுக்கப்படுகிறது. பிறகு ஓடுகளின் மேல் குறிப்பிட்ட வடிவங்கள் வரையப்படு கின்றன. பின் அந்த வடிவத்திற்கு வண்ண மெருகு கொடுக்கப்படுகின்றது. குவார்ட் எனப்படும் ஒளி ஊடுருவும் காரீய மெருகு, குழாய்களின் மூலம் ஓடுகளில் தெளிக்கப்பட்டுப் பின் அவை எரியூட்டப் படுகின்றன. இதனால் வண்ணங்கள் நன்கு படிந்து வழவழப்பான புறப்பரப்புக் கிடைக்கிறது.

தற்கால ஓடுகள். இருபதாம் நூற்றாண்டில் ஓடுகளை வண்ணங்களுக்காக மட்டும் பயன்படுத்துவ தில்லை. அவற்றைப் பயன்படுத்திச் சுவர்களை நீண்ட நாள் காக்கலாம். நீடித்து உழைப்பதற்கும், தூய்மை காக்கவும் ஓடுகள் பயன்படுகின்றன. சமையலறை, கோபுரம், குளியலறை, நீச்சல் குளம், ஆய்வுக் கூடம், மருத்துவ மனை, சுரங்கப் பாதை முதலிய அமைப்பு களின் சுவர்களிலும், தரைகளிலும் ஓடுகள் பதிக்கப் படுகின்றன. ஓடுகளின் வகைகள் அவற்றின் பயன் பாட்டைப் பொறுத்து அமையும். சுவர்களுக்குப் பயன்படும் ஓடுகள் வெள்ளை பெருகேற்றப்பட் டவை. நுண்துளைகளுடன் (porous) பல வடிவங் களில் கிடைக்கின்றன.

ஓடுகளில் ஒரே நிறம் கொண்ட (10.8 செ.மீ சதுர அளவுள்ள) ஓட்டு வகையே சிறப்பு வகை யாகும். இவ்வகை ஓடுகள் சமையலறைகளிலும் குளியலறைகளிலும், மருத்துவமனைகளிலும் பயன் படுகின்றன.

பல வண்ணப் பீங்கான் ஓடுகள் பெரும்பாலும் மெருகில்லாமல் 1 - 2 சதுரஅங்குலத்தில் கிடைக் கின்றன. இவ்வகை ஓடுகள் சுவர்களின் உட்புறங்களி லும் வெளிப்புறங்களிலும் தரைகளின் மேலும் பதிய வைக்கப்படுகின்றன. கருங்கல் ஓடுகளும் புழக்கத்தில் உள்ளன. இவற்றில் பல வண்ணங்கள் (varied tone) உள்ளன. சிலசமயங்களில் புறப்பரப்பு மேடாகவும் செதுக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை ஓடுகள் வீடுகளி லும் பொது இடங்களிலும் பயன்படுகின்றன. சில சிறப்புவகை ஓடுகள் (பீங்கான்) மின் கடத்தும் திறன் கொண்டவை. இவை அறுவை மருத்துவ அறை, மகப்பேற்று அறை போன்றவற்றில் பதிக்கப் படுகின்றன. இவ்வோடுகள் அங்கு உண்டாகும் நிலை மின்சாரத்தை வெளியே கடத்துவதால் மின் சாரம் ஒளிச்சிதறலாக மாறி அங்குள்ள வளிமங் களோடு சேர்ந்து எரிவது தடுக்கப்படுகிறது.

- கி.மு. மோகன்

ஓடும் நீர்ச் சூழலமைப்புகள்

சூழ்நிலைக்குத் தக்க உயிரினங்களை இன்றியமையாப் பகுதியாகக் கொண்ட இயற்கையின் அமைப்பே

சூழலமைப்பு (ecosystem) எனப்படும். இவ்வமைப்புகளில் உயிரினங்கள் மட்டுமல்லாமல் உயிரற்றவைகளும் இன்றியமையாப் பகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இந்த உயிரற்ற பொருள்களினூடேதான் உயிரினங்கள் விரவிக் கிடக்கின்றன. இவை இரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருங்கிய தொடர்புடையன; ஒன்றில்லையேல் மற்றொன்றில்லை. இவற்றினிடையேயுள்ள தொடர்பு காரணமாக ஒன்றில் ஏற்படும் மாற்றத்தால் மற்றொன்றும் மாற்றமடையும். அவற்றிற்கிடையே ஏற்படும் வினைகள் அனைத்தும் சேர்ந்தே ஒரு சூழலமைப்புக்கு, அதன் தனிப்பட்ட தன்மையை அளிக்கின்றன சூழ்நிலை அமைப்பின்பின் எந்த ஒரு பகுதியும் இயற்கையான அல்லது செயற்கையான மாற்றங்களுக்கு உட்பட்டால் அவற்றின் விளைவுகள் அந்தச் சூழ்நிலை அமைப்பின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் பிரதிபலிக்கும். உயிருள்ளவை, உயிரற்றவை ஆகிய இரண்டு கூறுகளும் பின்னிப் பிணைந்ததே சூழ்நிலை அமைப்பானாலும் இரண்டையும் தனித்தனியாகப் பிரித்து ஆய்வு செய்தால்தான் அவற்றின் தன்மைகளையும், இன்றியமையாமையையும் எளிதில் அறிய முடியும். சூழ்நிலை அமைப்பின் உயிரற்ற பகுதியை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை திடப்பொருள்களாலான கற்கோளம் (lithosphere), நீராலான நீர்மண்டலம் (hydrosphere), வளிமங்கள் நிறைந்த வளிமண்டலம் (atmosphere) என்பனவாகும்.

நீர். நீரின்றி அமையாது உலகு என்பதை அனைவரும் அறிவர். புவிப்பரப்பின் 75% நீரால் சூழப்பட்டது. நீரின் சில தனித்தன்மைகளால்தான் உயிரினங்கள் அதில் தொல்லையின்றி இயல்பாக வாழ்கின்றன. நீர் என்பது ஒரே பொருளானாலும் அதன் தன்மைகளும் அதனைச் சார்ந்துள்ள சூழ்நிலை அமைப்புகளும் பலவாகும்.

நீரின் தனிப்பட்ட தன்மைகளுக்கு அடிப்படையானவை அதன் இயற்பியல் பண்புகள். பொதுவாக நீர் எல்லா இடத்திலும் 100° செ. இல் கொதிக்கும், 0° செ. இல் உறையும். காற்றைவிட அதிகப் பாகுத்தன்மை (viscosity) கொண்டது. இந்தப் பாகுத்தன்மை, உயிரினங்களை நீரில் எளிதாக (அதாவது உயிரிகள் காற்றினூடே இடப்பெயர்ச்சி செல்வதைப் போல் அவ்வளவு எளிதாக) நகரவொட்டாமல் செய்கிறது. ஆனால் இப்பாகுத்தன்மை உயிரினங்கள் நீரில் நீந்துவதற்கு மிகவும் உதவியாயிருக்கிறது. நீர், உயிரினங்களும் பிற பொருள்களும் மிதப்பதற்கு ஏற்றதாக உள்ளது. எனவே நீரில் வாழும் உயிரிகள் நிலப்பரப்பில் வாழும் உயிரினங்களைப் போல் அல்லாமல் மிகச் சிறிய உறுப்புகளுடன் வாழ்கின்றன. நீரின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் காற்றைவிடக் குறைவானது. புற வெப்பநிலை மாற்றங்களால் நீர் உடனடியாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. நீர் நிலைகளின் வெப்பநிலை ஆண்டு முழுதும் மாறிவரும் பருவக்காலங்களால் அதிக மாற்றமடையாமல் ஒரே சீராக உள்ளது. அதனால்தான் நீர்வாழ் உயிரினங்களுக்கு ஆண்டு முழுதும் சீரான வெப்பச் சூழ்நிலை கிடைக்கிறது. ஆனால், நிலத்தில் வாழும் உயிரினங்கள் வெப்பநிலை, அதில் ஏற்படும் வெப்பமாற்றங்களை உடனடியாக உணருகின்றன; எளிதாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாகக் குளத்தில் வாழும் ஒரு மீன் ஓர் ஆண்டில் 25° செ. வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்கு உட்பட வேண்டியிருக்குமெனில், அக்குளத்தினருகில் நிலப்பரப்பில் வசிக்கும் அணில் 65° செ. வெப்ப நிலை மாற்றங்களுக்கு உட்பட வேண்டியிருக்கும்.

நீரின் மற்றொரு சிறப்புத் தன்மை அதன் பரப்பு இழுவிசையாகும். (surface tension) இவ்விசையினால்தான், மகரந்தம், தூசிகள், சிறு குப்பை போன்றவை நீரை விட அதிக எடை உடையனவாக இருப்பினும் அவை நீர் மட்டத்தில் மிதந்து நீர்ப்பரப்பு உயிரினங்களுக்கு உணவாகின்றன. 4° செ. இல் தான் நீரின் அடர்த்தி அதிகமாக உள்ளது. எனவேதான் அடர்த்தி குறைவாகி நீரில் பனிக்கட்டி மிதக்கிறது. இதனால் குளிர்பிரதேசங்களில் நீர் நிலைகள் உறையும்போது நீர் மட்டத்தில் பனிக்கட்டிகள் உருவாகி உள்ளேயிருக்கும் நீரை உறையாமல் தடுத்து உயிரினங்களைப் பாதுகாக்கின்றன.

நீர் ஒரு சிறந்த கரைப்பான். அதன் கரைப்புத் தன்மை நீர்வாழ் உயிரினங்களுக்கு ஏற்ற வாழும் சூழ்நிலையை அளிக்கிறது. உயிரினங்களுக்குத் தேவையான கனிம மற்றும் கரிமப் பொருள்கள் பூமிப் பாறைகளிலிருந்தும் மற்ற பொருள்களிலிருந்தும் நீரினால் கரைத்து எடுக்கப்படுகிறது. ஒரு நீர்ச்சூழல் அமைப்பில் உயிரற்ற பொருள்களாகிய கனிம மற்றும் கரிமங்கள் உயிரினங்களுக்கு நீரின் மூலமாக மாற்றப்படுகின்றன. அதனால்தான் உயிரினங்கள் தொடர்ந்து நீரில் வாழ்கின்றன.

நீர்ச்சூழ்நிலை அமைப்புகள். புவிப்பரப்பின் நான்கில் மூன்று பங்கு, நீரால் சூழப்பட்டுள்ளது. இது கடல்நீர் அல்லது நன்னீர் (fresh water) ஆக உள்ளது. இவை இரண்டிலுமே லட்சக்கணக்கான உயிரினங்கள் வாழ்கின்றன. மேலும் நீர்ச்சூழ் நிலை அமைப்புகளே (aquatic ecosystem) உலகின் மற்ற உயிரினங்களுக்கு அடிப்படையாக உள்ளன. நீர் வாழ் உயிரினங்களும், உயிரற்றவையும் பலதரப்பட்டவை. நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகளின் அளவைப் பொறுத்து உயிரினங்களையும் மற்றவற்றையும் பிரிக்கலாம்.

99% நீர் கடலில்தான் உள்ளது; மீதமுள்ள 1% நன்னீராகும். இது, ஏரி, குளம் போன்ற ஓட்டமற்ற நீர் நிலைகளாகவும், அருவி

ஆறு போன்ற ஓடும் நீர்ச்சூழலாகவும் அமைந்துள்ளது. உலகிலுள்ள ஆறுகள் மற்றும் ஓடும் நீர்ச்சூழலிலுள்ள நன்னீரின் அளவு ஆண்டொன்றுக்கு 3.83×10^4 கி.மீ^{3} ஆகும். ஏரி குளங்களிலுள்ள நிலையான நீரின் அளவு 12.5×10^4 கி.மீ^{3}. என்று கணக்கிடப் பட்டுள்ளது. குறிப்பிடத்தக்க மற்றுமொரு ஓடுநீர்ச் சூழல் அமைப்பு நதிக் கழிமுகங்களாகும். இவை ஆறு, கடல் ஆகிய இரண்டுக்கும் இடைப்பட்ட தன்மைகளைக் கொண்டவை. ஓடும்நீர் அல்லது ஓடாத நீர் ஆகிய எதுவாக இருந்தாலும் நீருக்கும் மற்றவற்றிற்கும் உள்ள தொடர்பு ஒரே மாதிரியானது தான். ஆனால் நீரின் தன்மையைப் பொறுத்து அதில் வாழும் உயிரினங்களின் பெருக்கம், வாழ்க்கை முறை, உயிரற்றவையின் அளவு ஆகியவை மாறு படுகின்றன.

நீரில் ஒளி ஊடுருவல். ஒளி (light) நீரினுள் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியது; ஒரு பகுதி ஒளி, ஊடுருவாமல் பரவுகிறது, அல்லது சிதறுகிறது. நீரில் உள்ள வண்டல், கசண்டு, குப்பைகள், நுண் விலங்கு கள் மற்றும் தாவரங்களாலும், ஏனைய உயிரற்றவை யாலும் ஒளிக்கதிர்கள் உட்கவரப்பட்டு நீர் வெப்ப மாக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பமே நீர்ச்சூழல் அமைப்புகளுக்குக் கிடைக்கும் சக்தியாகும். இதன் மூலமே ஒளிச்சேர்க்கையும் நடைபெறுகிறது. காற்றை விட நீராவி ஊடகம் ஒளியை அதிக வீதத்தில் உட் கவர்கிறது. மிகவும் கலங்கலாக உள்ள நீரில் ஒளிச் சிதறல் (light, scattering and diffusion) அதிகமாக இருக்கும். இதனைப் பொறுத்தே நீரில் மேல்மட்ட உயிரினங்களின் வாழ்க்கை அமைப்பும் இருக்கும்.

நீரில் வளிமங்கள் உப்புகள், பல வளிமங்கள் நீரில் கரையும் தன்மை உடையன. குறிப்பாக உயிர் வாழத் தேவையான வளிமங்கள் நீரில் கரைவன. நீரில் கரையும் வளிமங்களின் அளவு, நீரின் வெப்பநிலை, உப்புத் தன்மை, வளிமண்டலத்தில் அவ்வளிமங்களின் அளவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது. நீரில் கரைந் துள்ள வளிமங்களின் அளவைப் பொறுத்தே அதில் உள்ள உயிரினங்களின் அமைப்பும் வாழ்க்கைமுறையும் இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக ஓடுகள் உடைய விலங்குகள் வாழ வேண்டுமெனில், கால்சியம் கார்பனேட்டால் ஆகிய அவற்றின் ஓடுகளை உண்டாக்குவதற்குக்கார்பன்-டை-ஆக்சைடு தேவைப் படுகிறது. கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மிகக் குறைவாக உள்ள நீரில் பொதுவாக ஓடுகளுடைய உயிரினங்கள் காணப்படுவதில்லை. இத்தகைய விலங்குகளின் இள வுயிரிகள் இங்கே காணப்பட்டாலும் கார்பன்-டை-ஆக்சைடு பற்றாக்குறையால் அவ்வினங்கள் அழிந்து விடும்.

மூன்று வளிமங்களைப் பற்றிச் சிறப்பாக இங்கே குறிப்பிட வேண்டும். சுவாசிப்பதற்கு ஆக்ஸிஜன் எல்லா உயிரினங்களுக்கும் இன்றியமையாதது. ஆக்சிஜன் இல்லாமல் பெரும்பாலான உயிரினங்க ளால் வாழ முடியாது. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு ஒளிச்சேர்க்கைக்கு உதவுவதுடன் நீருடன் சேர்ந்து பல்வேறு வினைகளைப் புரிந்து உயிரினங்களுக்குத் தேவையான பை-கார்பனேட் மற்றும் கார்பனேட்டு களை உருவாக்குகிறது. நீரில் அதிகமாகக் கரைந் திருப்பது நைட்ரஜன் வளிமம் ஆகும். (இதன் கரை திறன் ஆக்ஸிஜனில் பாதியே ஆனாலும் வளி மண்டலத்தில் இதன் அளவு அதிகமாவதால் நீரிலும், அதன் அளவுஅதிகம்) இவ்வளிமம் எதனுடனும் வினை புரிவதில்லை. ஆனால் சில நீலப் பச்சைப் பாசிகளும் பாக்டீரியா மற்றும் காளான் வகைகளும் தங்கள் நைட்ரஜன் தேவைக்கு இதனைப் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன.

நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகள். நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகளின் தன்மையும் அளவும் நீர்நிலையினைப் பொறுத்தன. பொதுவாகக் கடல்நீரில்தான் அதிக எண்ணிக்கையிலும், அளவிலும் (30% முதல் 37%) உப்புகள் கரைந்துள்ளன. சோடியம், மக்னீசியம், கால்சியம், பொட்டாசியம், குளோரைடு, சல்ஃபேட், பை-கார்பனேட் மற்றும் புரோமைடு போன்ற அயனிகளே பெரும்பாலும் நீரில் அதிகமாக இருக்கும். ஓடும் நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகள் மற்றும் கனிம, கரிமப் பொருள்கள் நீரோட்டத்தினால் கரைக்கப் படுபவை. தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளின் கழிவு கள், பாறைத் துகள்கள், மண்ணில் படிந்துள்ள உப்புகள் ஆகியனவும் நீரோட்டத்தால் அடித்துவரப் படுகின்றன. இவற்றுள் குறிப்பிட்டுக் கூறத்தக்கது 'சிலிக்கா' (SiO_2) எனப்படும் மணல். இந்தச் சிலிக்கா இல்லையெனில் அதனைத் தன்னுடைய உடலின் புறவுறையாக அல்லது ஓடாகக் கொண்டுள்ள டையாட்டம்கள் (diatoms) உயிர் வாழ முடியா. இந்த டையாட்டம்கள் நீர்ச்சூழல் அமைப்பில் மிக முக்கியமானவை. ஏனெனில் இவற்றை உணவாகக் கொண்டுதான் இவற்றைவிட மேம்பட்ட அமைப் புடைய உயிரினங்கள் வாழ்கின்றன. இவை இல்லை யென்றால் அவையும் இல்லை. அதனைத் தொடர்ந்து அவற்றிற்கு மேம்பட்ட உயிரினங்களும் இல்லை. சிலிக்கா அதிகமாகும்போது டையாட்டம்கள் மிகுந்து காணப்படும். இயற்கையாகவே அப்பொழுது பாசிகள் குறைந்த அளவில் இருக்கும். சிலிக்கா குறை வாகக் கிடைக்கும் காலத்தில் பாசிகளின் ஆதிக்கம் அதிகமாகும்.

நீரில் இயற்கையாகவே கரைந்து வரும் உப்பு களைத் தவிர, நகரின் விலங்குக் கழிவுகள் மற்றும் ஆலைக் கழிவுகள், ஆற்றினுள் விடப்படுவதால் வரும் பலவிதமான உப்புகள் ஆற்று நீரில் காணப்படு கின்றன. சில உப்புகள், பாசிகள் மற்றும் சிறு விலங்குகளுக்கு உணவுப் பொருளாகப் பயன்படு கின்றன. ஆனால் சில வேளைகளில் திடீரென்று இவ்வுப்புகளின் அளவு அதிகமாகிவிடும். அப்போது

அந்நீர்ச் சூழ்நிலையின் உயிர் அமைப்பு முற்றிலும் மாறுபடும். அதனால் சில உயிரினங்கள் அடியோடு அழிந்து போகும். இருபதாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் இத்தகைய சூழ்நிலை மாற்றங்கள், கணிப்புக்கு அப்பாற்பட்டவையாக நடைபெற்று வருகின்றன.

நன்னீர்ச்சூழ்நிலையின் வகைகள். நன்னீர்ச் சூழ்நிலை அமைப்புகளை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

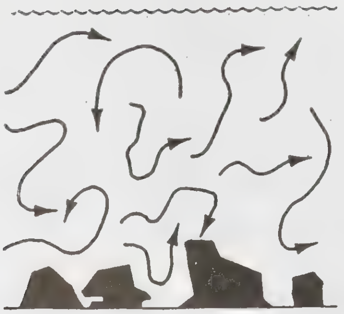
1) நிலையான நீருள்ள நீர்நிலைகள் - ஏரி, குளம், குட்டை மற்றும் சதுப்பு நிலம் ஆகியன.

2) ஓடும்நீருள்ள நீரமைப்புகள் - ஊற்று, அருவி, ஓடை, ஆறு, கழிமுகம் ஆகியன.

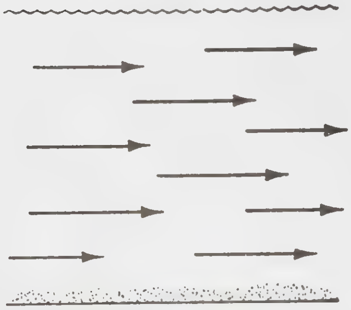
ஓடும் நீருள்ள அமைப்புகள். நதி, அருவி மற்றும் அதனைச் சார்ந்தவை, ஓடும் நீர்ச்சூழ்நிலை அமைப்புகளில் (Lotic Ecosystem) அடங்குவன ஆகும். இவற்றின் பரிமாணங்களை அளவிட்டுக் காட்ட முடியாது. சிறு ஊற்றுகள் தொடங்கி உலகின் மிகப்பெரும் நதியான அமேசான் வரை இதில் அடங்கும். அமேசான் நதியின் வேகம் ஒரு நொடிக்கு 93000 மீட்டர் ஆகும். சீறிப்பாயும் காட்டாறுகள், கடும் வேகத்தில் விழும் அருவிகள், அமைதியாய் ஓடும் நதிகள் ஆகியன ஓடும் நீர் அமைப்புகளே. ஓடும் நீருள்ள நீரமைப்புகளில் முக்கியப் பண்புகள் யாவும் அதனுடைய இயக்கத்துடன் தொடர்புகொண்டவை. நீரோட்ட வேகம் மற்றும் நீர் வரத்து வீதம் ஆகியவை நீர் இயக்கத்தைக் குறிப்பிடப் பயன்படும் அலகுகள் ஆகும்.

இவற்றுடன் நீர்ச் சூழல் அமைப்பின் சிறப்புத் தன்மை அதன் ஒழுங்கற்ற கொந்தளிப்பு ஓட்டம் ஆகும் (turbulence). நீர், ஒரே சீராக நேர் கோட்டுப் பாதையில் ஓடிக் கொண்டிருக்குமேயானால் அது 'நேரிய ஓட்டம்' (laminar flow) எனப்படும். மாறாக உள்ளும் புறமுமாக முட்டி மோதிச் சுழன்று ஓடினால் அது ஒழுங்கற்ற கொந்தளிப்பு ஓட்டம் (turbulent flow) எனப்படும். காண்க படம் 1.

கொந்தளிப்பு ஓட்டத்தின் வேகம் அதிகமாகும் போது, நீரின் அரிமான ஆற்றல் (shear forces) அதிகமாகி, அடித்தளத்திலுள்ள வண்டல் படிவின் மேல் பலமாக மோதுவதால் வண்டலும் அதனைச் சார்ந்து வாழும் உயிரினங்களும் மேலே கொண்டு வரப்படுகின்றன. அத்துடன் மேற்பகுதியிலுள்ள ஆக்சிஜன் கீழ்மட்டம் வரை கொண்டு செல்லப் படுகிறது. எனவே அடிப்பகுதியில் வாழும் உயிரினங்கள் வாழ ஏதுவாகிறது. பெரும்பாலும் இம்மாதிரியான நீரோட்டங்களில் மேல் மட்டத்திலும் அடி மட்டத்திலும் ஆக்ஸிஜன் அளவு ஒரே மாதிரியாக



சுழல் ஓட்டம்



நேரிய ஓட்டம்

படம் 1. நீரின் இருவித ஓட்டங்கள்

இருக்கும். ஆனால் நேரிய ஓட்டமுடைய நீரில் இந்த அரிமான ஆற்றல் (shear force) குறைவு. இந்த நீர்ச் சூழலில் மேல்மட்ட ஆக்ஸிஜன் கீழ்மட்டத்திற்குக் கொண்டு செல்லப்படுவதில்லை. எனவே அடிப் பகுதியில் மேல் மட்டத்தைவிட ஆக்ஸிஜன் குறைவாகவே இருக்கும். ஆக்ஸிஜன் அளவுக்கு ஏற்ப அங்கு உயிரினங்கள் காணப்படுகின்றன. அரிமான ஆற்றலை அடிப்படையாகக் கொண்ட தன்மை, ஓடும் நீரமைப்புகளில் மிகவும் முக்கியமானது. நீரால் சூழப்பட்டுள்ள நிலப்பரப்பு எவ்வாறு எந்த அளவுக்கு அரிக்கப்படும் என்பது நீரின் இந்த ஆற்றலைப் பொறுத்துள்ளது. ஓடும் நீரமைப்பில் வாழும் உயிரினங்களின் வகைகளும் எண்ணிக்கையும் இதைப் பொறுத்தே அமைகின்றன. இந்த ஆற்றலின் தாக்கத்தைத் தாங்கக்கூடிய உயிரினங்கள் மட்டுமே அடித்தள வண்டலில் உயிர் வாழ முடியும். மேலும் இந்த அரிமான ஆற்றல் பாறைகளை அரிப்பதால் பாறைத் துகள்கள் உண்டாகின்றன. இவற்றில் பெரும்பகுதி நீரோட்டத்தால் அடித்துச் செல்லப்படுகிறது. எந்தப் பாறைத் துகள்கள் அடித்துச் செல்லப் படுகின்றன, எவை அடித்துச் செல்லப்படாமல் தங்கி நிற்கின்றன என்பதைப் பொறுத்து நீர்ச் சூழல் மற்றும் உயிரமைப்புகள் இருக்கும்.

ஓடும் நீர்ச்சூழ்நிலை அமைப்புகளை அருவி சார்ந்தவை, ஓடை சார்ந்தவை, ஆறு சார்ந்தவை என வரையறுத்துக் கூற முடியாது. பொதுவாக

அவற்றை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரித்து அவற்றின் தன்மைகள் பற்றி ஆய்வு செய்யலாம்.

1. வேகம் மிகுந்த நீரோட்டங்கள்

2. வேகம் குறைந்த நீரோட்டங்கள்

3. நதிக் கழிமுகங்கள்

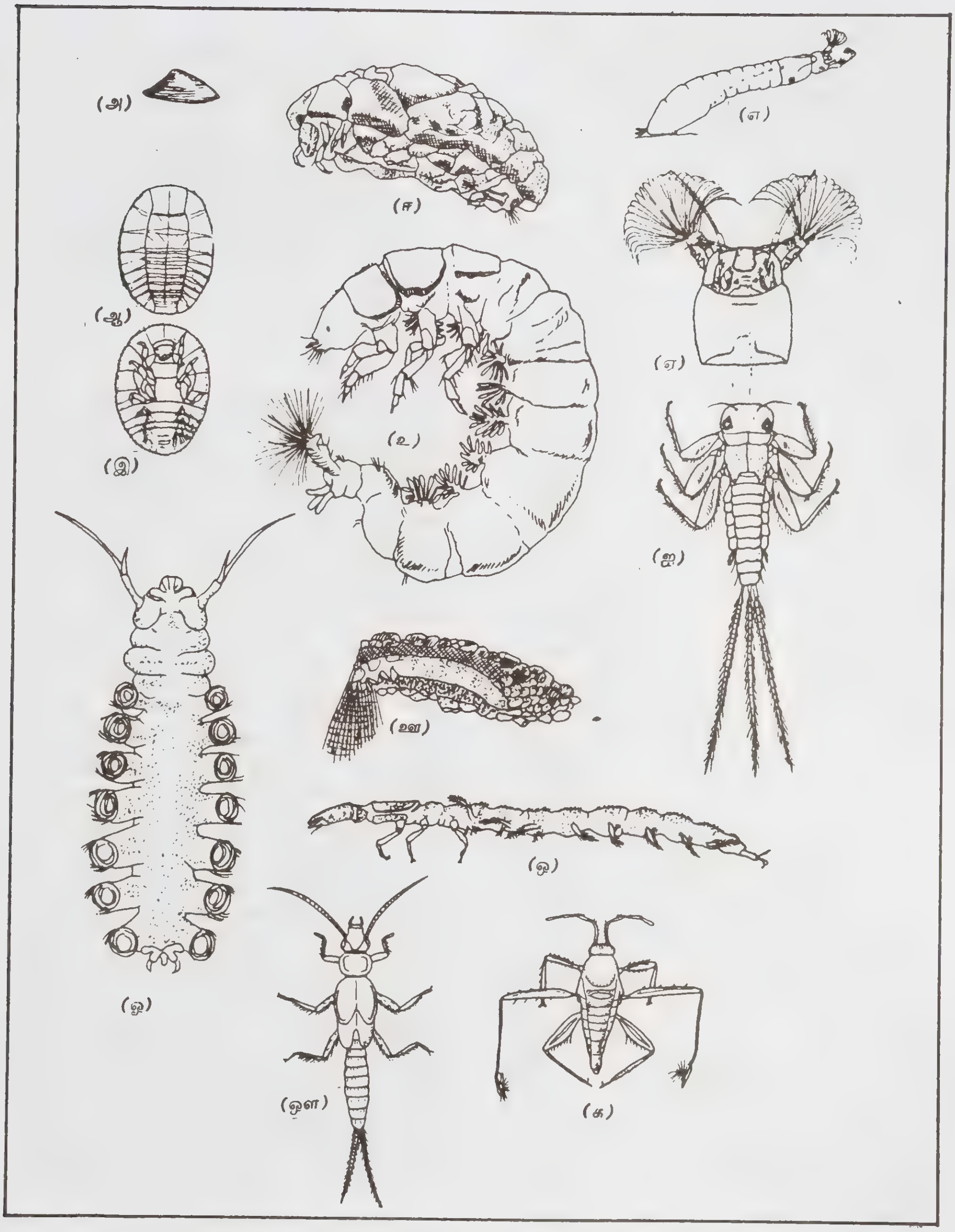
வேகம் மிகுந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்புகள் (*rapidly flowing water ecosystems*). வேகம் மிகுந்த நீரோட்டமானது கொந்தளிப்புடையதாக இருக்கும். எனவே, அடித்தளத்துடன் (substrate) நிலையாக ஒட்டிக்கொண்டு வாழாத உயிரினங்களும், உயிரற்றவையும் நீரோட்டத்தால் அடித்துச் செல்லப் படும். பொதுவாக இந்நீரோட்டங்களில் வாழும் தாவரங்களும், இதர உயிரினங்களும் அடித்தளத் திலுள்ள சரளைக் கற்களையும் பெரும் பாறைகளை யும் பற்றிக் கொண்டிருக்கின்றன. நீரின் கட்டுக் கடங்கா வேகத்தாலும் கொந்தளிப்பாலும் இக்கற் களும் பாறைகளும் ஒன்றின் மேலொன்று படுவதால் அவை உருண்டையாகவும் மழமழப்பாகவும் மாறி யிருக்கும் (படம் 2).

பாறைகள் நீரோட்டத்தால் உருண்டையாகவும் மழமழப்பாகவும் மாறுகின்றன. சிறு கற்களும் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன. பெரிய கற்களும் பாறைகளும் ஆங்காங்கே இருக்கும். இவை நீரோட்டத்தால் அடித்துச் செல்லப்படுவதில்லை.

இத்தகைய நீரோட்டங்களில் வாழும் உயிரினங் கள் பலதரப்பட்டவை. கொந்தளித்து உந்தி வரும் நீரின் அரிமான ஆற்றலும், நீரோட்ட வேகமும், பாறைகளின் மேல் மட்டத்திலும், இடையிலும், அடியிலும் வேறுபடும். இந்த வேற்றுமைகளுக்கேற்ப பல வகைப்பட்ட உயிரினங்கள் அந்தப் பகுதிகளில் வாழ்கின்றன.

நீரோட்டத்தினால் அடித்துச் செல்லமுடியாத உயிரினங்கள் பாறைகளின் மேல்புறத்தில் காணப்

படம் 2 நீரோட்டத்தால் பாறைகளின் வடிவத்திலும் அளவிலும் ஏற்படும் விளைவுகள்



வேகம் நிறைந்த நீரோட்டங்களில் வாழும் சில உயிரினங்கள்

(அ) ஃபெரிசியா (Ferrisia) - சிறிய ஒட்டுச்சிப்பி வகை, (ஆ) செஃபெனஸ் (Psephenus) - நீர்க்காசு வகை-முதுகுப்புறம், (இ) செபெனஸ்-வயிற்றுப் புறம், (ஈ) கிளாசோசோமா (Glossosoma) - நீர்வாழ் ஈயின் இளவுயிரி சிறு கற்களாலாகிய கூடு கொண்டது, (உ) ஹைட்ரோ சைக் (Hydropsychc) ஒரு நீர்வாழ் ஈயின் இளவுயிரி - கூடற்றது, ஆனால் வலைபின்னி உணவைப் பிடிக்கும் தன்மையுடையது, (ஊ) ஹைட்ரோ சைக்கின் வலை, (எ) சிமுலியம் (Simulium) -நீர் வாழ் கறுப்பு ஈயின் இளவுயிரி, (ஏ) சிமுலியத்தின் தலை-விசிறி போன்ற அமைப்புகளைக் காண்க இரையைப் பிடிக்க வலைபோல் இது பயன்படுகிறது. (ஐ) ஸ்டெனோநீமா (Stenonema) - நீர் ஈசல், தட்டையான உடலமைப்புக் கொண்டது. பாறையுடன் ஒட்டிக்கொள்ள உதவும் மூன்று வால்களையும், உடலின் பக்கப்பரப்பில் வரிசையாய் அமைந்திருக்கும் செவுள்களையும் காண்க, (ஒ) கோரிடேலஸ் (Corydalus) வின் இளவுயிரி-உடலின் பக்கவாட்டில் முட்கள் காண்க, (ஓ) டியூட்டிரோபிலிபியா (Deuterophlebia) - ஒரு நீர் ஈயின் இளவுயிரி-இரண்டு வரிசை உறிஞ்சிகள் உடலின் இருபக்கமும் அமைந்திருப்பதைக் காண்க, (ஔ) குளோரோபெர்லா (Chloroperla) ஓர் ஆற்றுக்கல்லடி நீ-இருவால்கள் கொண்டது, (க) ரகோ வேலியா (Rhago valia) -நீர்க்கரப்பான் வகையைச் சேர்ந்தது-நடுக்காலின் கடைசிப் பகுதியில் உள்ள குச்சங்களைக் கவனிக்க.

படுகின்றன. பொதுவாகப் பாறைகளின் மேற் பக்கத்தை இருப்பிடமாகக் கொண்டு வாழும் உயிரினங்கள் யாவும் தட்டையான உடலமைப்பு உடையவை. தட்டையாக இல்லாத சில உயிரினங்கள் வடிவத்தில் வேறுபட்டிருப்பினும் அவற்றின் இயக்கங்கள், செயற்பாடுகள் தட்டை உருவ அமைப்பு உடைய விலங்குகளை ஒத்திருக்கும். எடுத்துக் காட்டாகப் பாறையில் ஒட்டி வாழும் ஃபெரிசியா (ferissia) எனும் ஒட்டுச்சிப்பியினைக் குறிப்பிடலாம். நீரோட்டத்தால் அடித்துச் செல்லாதவாறு அவை தங்கள் ஓட்டின் தட்டையான அடிப்புறம் முழுமையும் பாறையின் மீது பரப்பி உறுதியாகப் பற்றிக் கொள்கின்றன. சில உயிரினங்கள் தட்டையான உடலுடன் வேறு சில தகவமைப்புகளையும் பெற்றிருக்கும். நீரில் வாழும் பூச்சி, வண்டுகளின் இளவுயிரி (riffle beetle) ஆகியவை தட்டையாக இருப்பதோடல்லாமல் பாறைகளைப் பற்றிக் கொள்வதற்கு ஏற்ற நகங்களையும் பெற்றுள்ளன. இவை பாறையை உறுதியாகப் பற்றிக் கொள்ளும். சில பாசியினங்கள் பாறைகளின் மேல் படர்ந்து பாறையோடு பாறையாக உறுதியுடன் ஒட்டிக் கொள்ளும். பாறைகளின் மேற்புறத்தில் வாழும் உயிரினங்கள் யாவும், நீரோட்டத்தின் மேற்பரப்பில் மிதந்து வரும் மணற்கூளம் கரிமக் கூளங்களையே உணவாகக் கொள்கின்றன.

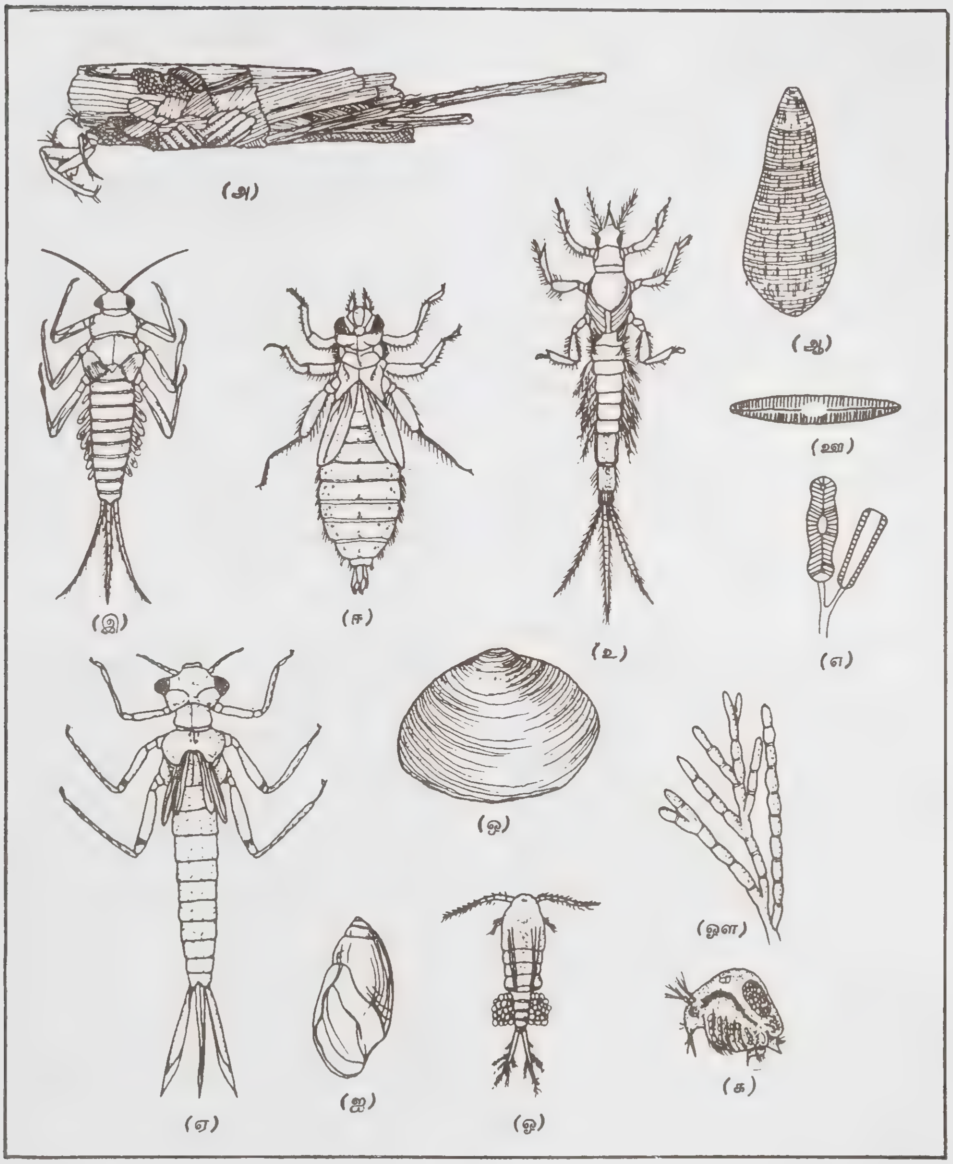
பாறைகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளிகளிலும் பல உயிரினங்கள் வசிக்கின்றன. அவற்றுள் பெரும்பாலானவை தட்டையானவை. மேலும், பாறை யிடுக்குகளில் பொருத்திக் கொள்வதற்கு ஏற்ற உறுப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. நீர் ஈசல் (may fly) மற்றும் ஆற்றுக் கல்லடி ஈ (stone fly) ஆகியவற்றை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் குறிப்பிடலாம். பாறைகள், பூச்சிகளின் புழுக்கள் இவற்றுள் ஒன்றை இதற்கென்றே அமைந்துள்ள சிறப்புறுப்பால் பற்றிக்கொண்டு நீரோட்ட வேகத்தை இவை தாக்குப் பிடிக்கின்றன. இன்னும் சில பூச்சிகள் நீரின் ஓட்டத்தை எதிர்த்து எதிர்த்திசையில் செல்லும் தன்மை கொண்டவை. ஹெல்கிராமைட் (hellgrammite) என்னும் பூச்சியின் பெரிய உடல் முழுதும் முள்களால் மூடப்பட்டுள்ளது. எனவே அது நீரோட்டத்தினால் எளிதில் அடித்துச் செல்லப்படுவதில்லை. அவற்றின் முள்கள் தளத்தை உறுதியாகப் பற்றிக் கொள்ள உதவுகின்றன. தட்டைப்புழுக்கள் (flatworms), முள்கள் போன்று தோல் சுணைகளுள்ள சில வளைதசைப் புழுக்கள் (annelid worms), சிலவகை நத்தைகள், சில பூச்சிகளின் கூட்டுப்புழு, இரட்டையோடு உடைய சிப்பி வகைகள் (clams) ஆகியவை பாறைகளுக்கடியில் வாழ்கின்றன. நீரின் ஓட்டம் இவ்விடத்தில் மிகக்குறைவு. எனவே உயிரினங்கள் எளிதில் அடித்துச் செல்லப்படுவதில்லை. பொதுவாக இந்த உயிரினங்களின் உடலமைப்பு, வேகமாக ஓடும் நீரமைப்பில் வாழும் பிற உயிரினங்களை ஒத்ததாகவே இருக்கும். பாறைகளின் அடியில் வாழும் உயிரினங்களே (benthos) வேகம் மிகுந்த நீரோட்டங்களில் அதிகமாக இருக்கும். டிரவுட் (trout) மீன் வகைகளும் இச்சூழ்நிலையில் வசிக்கின்றன.

சுருங்கக்கூறின் வேகமான நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்பு, ஆழமான குளிர் ஏரிகளின் சூழ்நிலை அமைப்பை ஒத்துள்ளது. அவற்றின் இனப்பெருக்கம் முழுதும் நீரோட்ட வேகத்தையே பொறுத்துள்ளது. காண்க, படம்-3.

வேகம் குறைந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்புகள். வேகம் நிறைந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்புகளிலிருந்து வேகம் குறைந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்புகள் பெருமளவு மாறுபட்டவை. ஏனெனில் இந்நீரோட்டங்கள் குறைந்த வேகமும் நேரான ஓட்டமும் கொண்டவை. எனவே, நீரோட்டத்தின் அரிமானத் தன்மை குறைகிறது. அதன் விளைவாக, அடித்து வரப்படும் மின்துகள்கள் மற்றும் கரிமக் கூளங்கள் குறைவுபடுகின்றன. வேகம் நிறைந்த நீரோட்ட அமைப்புடன் ஒப்பிடுகையில், இச்சூழ்நிலை அமைப்புகளில் நீரின் அடிமட்டத்தில் வாழும் உயிரினங்கள் மிகக்குறைவு, அவற்றுள் நத்தைகள், குறிப்பிடத்தக்கவை. நீந்தும் உயிரினங்கள் இந்நீரோட்டங்களில் முதன்மையிடம் வகிக்கின்றன. வெவ்வேறு வகை மீன்களுடன் கடின ஓட்டுக்கணுக்காலி (crustacean) வகையின் பெரிய உயிரினங்களும் இவற்றில் அடங்கும். கடின ஓட்டுக்கணுக்காலி உயிரினத்திற்குச் சான்றாக இறால் மீன் மற்றும் நண்டினைக் குறிப்பிடலாம். இவை தவிரப் பலவகைப் பூச்சிகளும், இந்நீரோட்டங்களில் இருக்கும். மெல்ல ஊர்ந்து செல்லும் பூச்சிகளிலிருந்து மிக வேகமாக நீந்தும் பூச்சிகள் வரை இவற்றுள் அடக்கம். இவை தவிர ஒற்றைச்செல் உயிரிகளும் வடிவத்தில் சிறிய கடினஓட்டுக் நுண் கணுக்காலிகளும் கிளேடோசெரா (cladocera) போன்ற நீர் உண்ணிகளும் மிகுந்து காணப்படும்.

வேகம் குறைந்த நீரோட்டங்களில் தாவர இனங்களும் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் வேர்விட்டு வளரும் நீர்த்தாவரங்கள் (புல் மற்றும் புதர்ச்செடிகள்), பாறைகள் ஆகியவற்றின் பரப்பில் இணைந்துள்ள சில பாசிகள் முக்கியமானவை. நகரக்கூடிய பாசி வகைகள், டையாட்டம்கள், கசையிழை முன்னுயிரிகள் (flagel late protozoa) ஆகியவையும் பலவாகக் காணப்படும்.

மேலே குறிப்பிட்டுள்ள அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் தேவையான உணவும் ஆற்றலும் நீரமைப்பு களிலிருந்தே கிடைக்கின்றன. மணல் துகள், கரிமக் கூளங்கள், பாக்டீரியாக்கள் ஆகியவை



படம் 4. வேகம் குறைந்த நீரோட்டங்களில் சில உயிரினங்கள்

(அ) அனபோலியோ (Anabolia) - ஒரு நீர்வாழ் ஈயின்இளவுயிரி-மிலாறுகளினால் அமைத்துள்ள கூட்டினைக் காண்க, (ஆ) கிளாசிபோனியா (Glossiphonia) - அட்டை வகையைச்சார்ந்தது-கற்களினடியில் இருக்கும், (இ) பீட்டிஸ் (Bactis)- நீர் ஈசல் வகை, (ஈ) பாரா கோம்பஸ் (paragomphus)- வளைதோண்டி வாழும் நீர்த்தும்பி வகை, (உ) ஹெக்ஸா ஜீனியா (Hexagenia)- வளை தோண்டி வாழும் நீர் ஈசல் வகை,(ஊ) நேவிகுலா (Navicula) டையாட்டம் (Diatom) (எ) காம்ப்போனிமா (Gomphonema) ஏதேனும் ஒரு தளத்தினைப்பற்றி வாழும் டையாட்டம், (ஏ) ஐஷ்நியூரா (Ishneura), (ஐ) ஃபைசா (physa) நத்தை வகை, (ஒ) ஸ்பீரியம் (Sphaerium)- இரட்டை யோட்டுச் சிப்பி வகை, (ஓ) சைக்ளாப்ஸ் (Cyclops) கோப்பிபோடு (Copepod) வகை-இருபுறங்களிலும்முட்டைப் பைகள் காண்க, (ஔ) கிளேடோபோரா (Cladop hora) ஏதேனும் ஒரு தளத்தினைப் பற்றிக் கொள்ளும் பச்சைப் பாசிவகை, பாறைகளின் மேல் மெல்லிய கொடியாகப் படர்p திருக்கும் (க) போஸ்மினா (Bosmina) நீர் உண்ணி.

சேறான அடிப்பகுதியில் காணப்படும் உயிரினங்களுக்கு உணவாகின்றன. இந்நீரோட்டங்களில், நீரின் வேகம் முக்கிய பங்கு வகிப்பதில்லை. இங்கு வாழும் உயிரிகளின் இனப்பெருக்கம், வாழ்க்கை முறை அனைத்திற்கும் காரணமாக அமைவது அவற்றில் கரைந்திருக்கும் ஆக்ஸிஜன் அளவே ஆகும். உயிரினங்களின் செயற்பாடு, கரிமக் கூளங்களின் வினை ஆகிய இரண்டும் மிக விரைவில் ஆக்ஸிஜனைப் பயன்படுத்தி விடும். இந்த ஆக்ஸிஜன் வளிமண்டலத்திலிருந்து புதுப்பிக்கப்பட்டுக் கொண்டேயிருக்க வேண்டும். பருவக்காலங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஆக்சிஜன் அளவு இங்கு மாறுபடும். அதன் விளைவாக உயிரினங்களின் வகைகளும், அளவுகளும் அங்கு மாறிமாறி அமையும். கெண்டை போன்ற மீனினங்கள் குறைவான ஆக்ஸிஜன் உள்ள நீரிலும் வாழ முடியும். எனவே அவ்வகை மீன்கள் இந்நீரோட்டங்களில் அதிகம் காணப்படும். ஆனால் ட்ரவுட் போன்ற மீன்களுக்கு மிக அதிக அளவில் ஆக்ஸிஜன் தேவை. எனவே, அவ்வகை மீன்கள் இந்நீரோட்டங்களில் வாழ்வதில்லை. மாறாக வேகம் நிறைந்த நீரோட்டங்களில் காணப்படும்.

கழிமுகச் சூழ்நிலை அமைப்புகள் (*Estuarine Eco systems*). கழிமுகம் எனப்படுவது பொதுவாக ஆறு கடலுடன் கலக்குமிடமாகும். ஆற்றுக்கும் கடலுக்கும் இடைப்பட்ட தன்மையினைக் கொண்ட இவை அரைகுறையாக அடைக்கப்பட்ட கடற்பகுதிகளே ஆகும். இவற்றின் சூழ்நிலை அமைப்பு உருவாவதும் பாதிக்கப்படுவதும் அத்துடன் இணைந்துள்ள கடல் நீரலைகளின் வேகத்தைப் பொறுத்தது. இவ்விடத்தில்தான் கடல் நீரின் அடர்த்தி ஆற்று நீரால் குறைக்கப்படுகிறது. இவற்றின் சிறப்புப் பண்பு என்னவெனில், இங்கு வாழும் குறிப்பிடத்தகுந்த உயிரினங்கள், பெரும்பாலும் கடலின் மேல் மட்டத்தில் வசிப்பவைகளே. நன்னீரமைப்பில் இல்லாத அற்புதமான பல உயிரினங்கள் இங்கு வசிக்கும். கழிமுகத்தின் குறிப்பிடத்தக்க பண்பு அடிக்கடி மாறும் அதன் உப்புத்தன்மையே ஆகும். கழிமுகத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலேயே உப்புத்தன்மை ஒரே நாளில் பல முறை வேறுபடும். கடலலைகளின் வேகம் குறைவாக இருக்கும்போது பெரும்பாலும் நன்னீர், கழிமுகத்தின் வழியே செல்கிறது. அது போன்ற காலங்களில் கழிமுக நீரின் உப்புத்தன்மை குறைவாக இருக்கும். கடலலைகளின் வேகம் அதிகமாகும்போது கழிமுகத்தில் கடல்நீர் நுழையும். அப்போது கழிமுகநீரின் உப்புத் தன்மை அதிகமாகும். இத்தகைய திடீர் மாறுபாடுகளைத் தாங்கக் கூடிய உயிரினங்களே இச்சூழ்நிலை அமைப்பில் வாழ்ந்து பெருக முடியும்.

கழிமுகத் தாவரங்கள் நான்கு பொதுப்பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு உள்ளன.

1. நுண்மிதவைத் தாவரத் தொகுதி(phytoplankton)

2) கழிமுக ஓரம் அல்லது விளிம்பு வளர் தாவரங்கள் (Marginal plants)

3) சேற்றுப் பாசியினங்கள் (Mud flat alga)

4) ஈரினச் செடி ஒட்டு வகைகளும் புல்லுருவி வகைகளும் (Epiphytic plants)

கழிமுக நீர் கலங்கலாக இருப்பதால் நுண் மிதவைத் தாவரத் தொகுதிகள் அவற்றில் சாதாரணமாகக் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் தொகை அடிக்கடி மாறுபடக்கூடியது. சில சமயங்களில் ஆற்று நீரில் உண்டாவது போன்று திடீரெனப் பாசிப்பெருக்கம் (algal bloom) ஏற்பட்டுக் கழிமுக மேற் பரப்பு முழுதும் மண்டிக் கிடக்கும். கழிமுகப் பாசிகளில் அதிகமாகக் காணப்படுபவை கடற்பாசிகளே. கழிமுக விளிம்புகளில் வளரும் தாவரங்களில் முக்கியமானவை ஸ்பார்ட்டினா (spartina), சாலிக்கோர்னியா (salicornia), ஸ்சிர்ப்பஸ் (scirpus) என்னும் புல்லினங்களும், க்ளாடோஃபோரா (cladophora), கேரா (chara) மற்றும் என்ட்டிரோமார்பா (entero morpha) ஆகிய நீரில் மூழ்கியிருக்கும் இழை வடிவ பச்சைப் பாசிகளுமே ஆகும். ஒரு சில விலங்குகளே இவற்றை நேரடியாக உண்ணுகின்றன. மாறாக இவை அழுகிக் கூளமான பின்னரே ஏனைய விலங்கினங்கள் உண்ணுகின்றன. இழை வடிவ நீலப் பச்சைப் பாசிகள். டையாட்டம்கள் (diatoms) ஆகியவை சேற்றுப் பாசியினங்களில் குறிப்பிடத் தகுந்தவை. ஒளிச் சேர்க்கையின் மூலம் இவை தமது உணவைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. சேற்றின் பழுப்பு நிறத்திற்குக் காரணம் அதில் மிகுதியாகக் காணப்படும் டையாட்டம்களேயாகும். புல்லுருவி வகைத் தாவரங்களில் பெரும்பாலானவை பாசிகளே. அவை மற்ற பாசிகளுடனோ சதுப்புத் தாவரங்களுடனோ ஒட்டிக் கொண்டு வாழும்.

கழிமுக விலங்கு வகைகளில் முக்கியமானவை நத்தை, ஆளி. (oyster) போன்ற இரட்டையோட்டுச் சிப்பிகள் (clams) கடல் நண்டினங்கள் ஆகியவை. இவை தவிர நன்னீர் மூலமாக வரும் பூச்சிகளின் இளவுயிரிகள் வளை தசைப்புழுக்கள் (annelid worms) மெல்லுடலி நத்தை (molluscs) போன்ற உயிரினங்களும் கடல் மூலம் பெறக்கூடிய ஓடு கொண்ட நண்டு வகை (crustacean) கடல்பஞ்சுகள் (sponges), பாசி போன்ற வடிவுடைய உயிரிகளும் (bryozoa) இங்கே காணப்படுகின்றன. ஆனால் கழிமுக உயிரினங்களில் மனிதனுடைய நோக்கில் மிக முக்கியமானவையாகக் கருதப்

படுபவை இறால், நண்டு மற்றும் சில குறிப்பிட்ட வகை மீன்களே ஆகும்.

கழிமுகம் மனிதனுக்குப் பல விலையர்ந்த உயிர்ச் செல்வங்களை அளித்திருந்தாலும், குப்பைக் கூளங்கள், மலக்கழிவுகள், ஆலைக் கழிவுகள் ஆகியவற்றைக் கொட்டும் செயல்களால் கழி முகங்கள் மனிதனால் பெரிய குப்பைத் தொட்டி யாக மாற்றப்பட்டு வருகின்றன. கழிமுகங்களைச் சரியான முறையில் பயன்படுத்தினால் உலகம் முழுதிற்கும் தேவையான உணவை மனிதன் அவற்றிலிருந்தே பெற முடியும். ஆனால் இன்று அவை வெறும் அங்கணங்களாக மாற்றப்பட்டு வருகின்றன என்பது வருந்தத்தக்கது.

ஓடும் நீர், ஓட்டமற்ற நீர், கழிமுகம், கடல் ஆகிய அனைத்து நீரமைப்புகளும் பாகுபாடின்றி மனிதர்களால் பெருமளவு மாசுபடுத்தப்பட்டுவிட்டன. தொடர்ந்து மாசுபடுத்தப்பட்டும் வருகின்றன. பெருகி வரும் மக்கள் தொகையில் அடிப்படைத் தேவைகளை நிறைவு செய்ய முனைவதில் எல்லா நீர் நிலைகளிலும் மலக் கழிவுகளுடன் பல்வேறு வேதிப் பொருள்கள் செயற்கை உரங்கள் பூச்சிக்கொல்லிகள் சாயங்கள் என்று பல தரப்பட்ட பொருள்கள் கலந்து இயற்கை அமைப்பைப் பாழ்படுத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. இவை போதாவென்று அனல் மின்சக்தி மற்றும் அணு மின்சக்தி நிலையங்களிலிருந்து வெளியேற்றப் படும் சூடான நீர், இயற்கை நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்பைப் பெரிதும் பாதித்துள்ளது. உயிரினங்களின் வளர்ச்சி வீதம், உணவு உட் கொள்ளும் அளவு, அவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி, நீந்தும் தன்மை, உணவைக் கண்டுணரும் ஆற்றல், இனப்பெருக்கம், நோய் எதிர்ப்பு ஆற்றல் ஆகியவை பெருமளவு பாதிக்கப்பட்டுள்ளன. காண்க, படம் 5.

உணவுச் சங்கிலித் தொடரின் முதல் அடிப் படை நிலை நீரோட்டங்களிலும் நீர் நிலை களிலுமே ஆரம்பிக்கின்றது. என்பதை அறியாமல்

படம். 5 சுத்திகரிக்கப்படாத ஆலைக்கழிவு ஆற்றில் விடப்பட்டதால், குவியல் குவியலாக மீன்கள் இறந்துகிடக்கும் காட்சி

தொடர்ந்து அவை மாசுபடுத்தப்பட்டால் உலகின் பொருளாதாரமே பாதிக்கப்பட்டு விடும். உணவுப் பொருள்களுக்கும் பஞ்சமேற்படும். எனவே நீரைத் தூய்மைக்கேடு செய்யாமல் பாதுகாக்க வேண்டும்.

- ந. மணிவாசகம்

நூலோதி W. T. Edmondson (Ed.) *Fresh Water Biology*, Second Edition, H.B. Ward & G.C. Whipple, John wiley & Sons, Inc., Newyork, 1959; G.E. Hutchinson, *A Treatise on Limnology*, Vol.2, John Wiley & Sons, Newyork, 1967; Allen H. Beston & W.E. Werner Jr., *Field Biology & Ecology*, McGraw-Hill Book Company, Newyork, 1974.

ஓடோனேட்டா

ஓடோனேட்டா வரிசையைச் சேர்ந்த பூச்சிகளைத் தமிழ் நாட்டில் தட்டாம்பூச்சி அல்லது தட்டாரப் பூச்சி (dragonfly) ஊசித் தட்டான் (damselfly) எனப் பொதுவாக அழைப்பர். இவை யாவும், பெரிய அல்லது நடுத்தர அளவுள்ள பூச்சிகளாகும். இளவுயிரியாக நீரிலும், நிறைவுயிரியாக நிலத்திலும் வாழும் இப்பூச்சிகள், ஏனைய பூச்சிகளைப் பிடித்து உண்ணக் கூடியன ஆகும். பகல் நேரங்களில் விரைந்து பறக்கும் உறுதியான உடலமைப்பைக் கொண்ட இப்பூச்சிகள் இரவு நேரங்களில் வேலிகள், தாவரங்கள் போன்ற இடங்களில் ஓய்வெடுக்கும்.

இப்பூச்சிகளின் உடல் தலை, மார்பு, வயிறு என்னும் மூன்று பிரிவுகளாக அமைந்திருக்கிறது. தலை மிகவும் பெரிய அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது. தலையில் ஓர் இணையான சிறிய உணர்கொம்புகள் காணப்படும். தலை முன்னும் பின்னும் பக்கங்களிலும் பெருமளவுக்குச் சுழலக் கூடிய வகையில் உடலுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இரண்டு மிகப்பெரிய கூட்டுக் கண்கள் தலையின் பெரும் பகுதியை நிரப்பிக் கொண்டுள்ளன.

இப்பூச்சிகளில் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த கடிக்கும் வகை வாயுறுப்புகள் உள்ளன. கடினத்தாடைகள் சிறப்பாக அமைந்துள்ளன. வெட்டும் ஓரங்கள் கடினமாகவும், கூர்மையாகவும் உள்ளன. உணவுப் பொருள்களைக் கடித்து மென்று தின்பதற்கு ஏற்றவாறு வாயுறுப்புகள் அமைந்துள்ளன.

மார்புப்பகுதி முன், நடு, பின், மார்புக் கண்டங்களாகப் பிரிந்துள்ளது. இவற்றுள் முன் மார்புக் கண்டம் மிகச்சிறியது. இந்த முன் மார்புக்கண்டம் சிறிய கழுத்து அல்லது சிறு மார்பாக (microthorax) உள்ளது. நடுமார்புக்கண்டம் மற்றும் பின் மார்புக் கண்டம் இரண்டும் இணைந்து (synthorax) இணைந்த மார்பாகக் காணப்படுகின்றன. இதன் முன் பகுதி டார்சம் (dorsum) எனப் பெயர் பெறுகிறது.

இவ்வுயிரிகளில் இரண்டு இணை நீண்ட குறுகிய இறக்கைகள் உள்ளன. இவை தோற்றத்தில் ஒத்துக் காணப்படுகின்றன. இறக்கைகள் இரண்டிலும் எண்ணற்ற நீள்வாட்ட மற்றும் குறுக்கு இரத்த நாளங்கள் உள்ளன. இவற்றின் உதவியால் இவை விரைவாகப் பறக்கின்றன. ஊசித்தட்டான் பூச்சியின் இறகுகள் உணவினைப் பிடிக்கப் பயன்படுகின்றன.

இப்பூச்சிகளில் மூன்று இணைக் கால்கள் உள்ளன இக்கால்கள் நடக்க உதவுவதில்லை. உயிரியின் முன்னோக்கி அமைந்துள்ள இக்கால்கள் அழகிய கூடை போன்ற அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. கால்களில் எண்ணற்ற முள்களும், நீட்சிகளும் காணப்படுகின்றன. கால்களின் பீமர், டிபியா, டார்சஸ் ஆகிய கணுக்களில் இந்நீட்சிகள் உள்ளன. மேலும் கால்கள் குவிந்து உணவினைப் பிடித்துக்கொள்ளவும், கடத்தவும் பெரிதும் உதவியாக உள்ளன.

வயிற்றுப்பகுதி நீண்ட மென்மையான உடற்பகுதியாகும். முதல் கண்டம் மிகவும் சிறியது. பதினோராம் கண்டமும் சிறுத்துக் காணப்படுகிறது.

மார்புப்பகுதியில் காணப்படும் தசைகள், சிறப்பானவையாகவும், விந்தையானவையாகவும் அமைந்துள்ளன. இரண்டு இறக்கைகளும் தனித்தனியே, இருவகைத் தசைகளால் இயக்கப்படுகின்றன. இத்தசைகள் உயர்த்தும் தசைகள், தாழ்த்தும் தசைகள் எனப் பெயர் பெறுகின்றன.

செரிமான மண்டலத்தில் முன்னிரைப்பைப் (proventriculus) பகுதி இல்லை. செரிமான மண்டலத்தின் பின்பகுதி மிகவும் சிறியது. கீழுதட்டுச் சுரப்பி இரண்டு மடல்களைக் கொண்டுள்ளது. மால்பீஜியன் நுண்குழாய்கள் 60 முதல் 70 வரை எண்ணிக்கையில் உள்ளன. இவை 5 அல்லது 6 பிரிவுகளாக அமைந்துள்ளன.

சுவாச மண்டலம் நன்கு வளர்ச்சிப் பெற்றுள்ளது. இரண்டு இணைச் சுவாசத் துளைகள் மார்புப் பகுதியிலும் எட்டு இணைச் சுவாசத் துளைகள் வயிற்றுக் கண்ட மருங்குகளிலும் உள்ளன. மூன்று நீளவாட்டச் சுவாசக் குழாய்கள் உள்ளன. எட்டு அறைகளைக் கொண்ட நீண்ட இதயம் இப்பூச்சிகளில்

உள்ளது. நரம்பு மண்டலம் செல்திரள்களாக இல்லை.

இவை ஒரு பாலுயிரிகள்; தனித்தனி ஆண் பெண் பூச்சிகள் காணப்படுகின்றன. ஆண்களில் நீண்ட இரு குழல்கள் போன்ற விந்தகங்கள் உள்ளன. விந்து நாளங்கள் பொதுவான விந்துபையினுள் திறக்கும். இது சிறிய விந்து பீச்சு நாளமாக மாறி 9 ஆம் கண்டத்தின் கீழ்ப்பக்கத்தில் வெளியே திறக்கும். மேலும் ஆண் பூச்சிகளில் இரண்டாம், மூன்றாம் வயிற்றுக் கண்டத்தின் கீழ்ப்பக்கத்தில் சிக்கலான கலவியுறுப்பு ஒன்று காணப்படுகிறது. இங்கு இவ்வுறுப்புகளை மூடிப் பாதுகாக்கும் 'மூடி' போன்ற ஓர் அமைப்பும் உள்ளது. மேலும் இங்கு இனப்பை மற்றும் பெண் உயிரியைப் பிடித்துக் கொள்ள உதவும் கொக்கி போன்ற அமைப்பு, இரண்டாம் கலவியுறுப்பு ஆகியனவும் காணப்படும். இனச்சேர்க்கைக்கு முன், விந்தணுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து 'விந்தணுத் தொகுப்பு உறையாகி, 9 ஆம் கண்டத்திலிருந்து 2 ஆம் கண்டத்தில் உள்ள 2 ஆம் கலவியுறுப்புக்கு மாற்றப்படுகிறது.

பெண் பூச்சிகளில் ஓர் இணையான சினைய கங்கள் உள்ளன. இவையும் நீண்ட குழாய்கள் போலவே காணப்படுகின்றன. அண்ட நாளங்கள் இரண்டும் ஒருங்கிணைந்து பொது அறையில் திறக் கும். இப்பகுதிக்குப் புணர் குழாய் என்று பெயர். இங்கு சிறிய துணைச்சுரப்பிகள் உள்ளன. இவற்றின் நாளங்களும் புணர்குழாயில் திறக்கின்றன. புணர் குழாய் பெண் உயிரியின் 8 அல்லது 9 ஆம் கண்டத்தில் உள்ள புணர் புழைவழியாக வெளியே திறக்கும்.

தட்டாம் பூச்சிகள் பொதுவாக நீண்ட நாள்கள் உயிர் வாழக்கூடியவை, இப்பூச்சிகள் சிறந்த பறக்கும் திறன் பெற்றுள்ளன. பகற்பொழுதில் மட்டுமே நடமாடும் தன்மையுடையன. மேலும் இவை பறந்து கொண்டிருக்கும்போதே பிற பூச்சிகளைப் பிடித்து உண்ணும் திறன் பெற்றவை. கொசு, சிறிய பூச்சி, வண்டு, புழு ஆகியன தட்டாம்பூச்சிகளின் உண வாகும்.

வாழ்க்கைச்சுற்று. வளர்ந்த பூச்சிகள் குளிர் காலங்களில் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. சில இனத்தைச் சேர்ந்த தட்டான் பூச்சிகள் கூட்டம் கூட்டமாக, வலசை செல்லும் (migration) பழக்க முடையன. இப்பூச்சிகள் உயரப் பறக்கும்போதே இனச்சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்றன.

இனச்சேர்க்கைக்குப் பிறகு பெண் பூச்சிகள் நீரில் முட்டையிடுகின்றன. ஒரு பெண் பூச்சி ஒரு தடவை சுமார் 800 முட்டைகள் வரை இடுகிறது. முட்டை களை நீர்த்தாவரங்களில் ஒட்டவைக்கின்றன. சில தட்டாம்பூச்சிகள் நீர்த்தாவரங்களின் மேல் காணப் படும் சில துளைகளில் முட்டையிட்டு மூடிவிடுகின்றன.

சில நாள்களுக்குப்பின் முட்டைகள் பொரிந்து சிறிய இளவுயிரிகள் வெளிவருகின்றன. இவை சிறிது சிறிதாக வளரும். இவை பொதுவாகப்பச்சை அல்லது பழுப்பு நிறத்தில் உள்ளன. 10 வயிற்றுக்கண்டங் களையும் 5 இணை இணையுறுப்புகளையும் பெற்றுள்ளன. நீரில் வாழும் இந்த இளவுயிரிகள் நீரில் உள்ள சிறிய உயிரிகள், கொசுவின் வளர்ச்சிப் பருவப் புழுக்கள், புழுக்கள் இவற்றை உண்டு வாழும். சில நேரங்களில் தன்னின இளவுயிரிகளையும் உண்ணும்.

இவ்வின உயிரிகளின் தலையில் இரண்டு பெரிய கண்கள் உள்ளன. இவை கூட்டுக் கண்களாகும். மேலும் நன்கு வளர்ச்சியடைந்த, உறுதியான கால் களும். கடித்து உண்ணும் வாயுறுப்புகளும் உள்ளன. இவற்றின் கீழுதடு மிகப்பெரியதாகி, நீண்டு வளர்ந்து பெரிய மூடி போலக் காணப்படுவது இப்பூச்சிகளின் தனிச் சிறப்பாகும். இது உணவினைப் பற்றிப் பிடிக்கப் பெரிதும் உதவியாக உள்ளது. துருவுதாடைகள் சாதரண அமைப்பைக் கொண்டுள்ளன,

செரிமான மண்டலம் நன்கு வளர்ச்சி அடைந் துள்ளது. இந்த இளவுயிரிகளின் மலக்குடலில் செவுள்கள் காணப்படுகின்றன. மலக்குடலின் உள்ளே நீர் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. இந்நீர் சுவாசத்திற்குப் பயன்படுகிறது. இந்த இளவுயிரி, செரிமான மண்டலத்தின் பின்பகுதியை அடிக்கடி முன்பின் அசைத்து மலக்குடல் சுவாசநீரை அவ்வப்போது மாற்றிக் கொள்ளும். மேலும் இச்செவுள்கள் பூச்சிகள் இடப்பெயர்ச்சி செய்யும்போது திசை திருப்ப உதவு கின்றன.

கால்களினால் தரையின்மேல் ஊர்ந்துசெல்வ தாலும் நீரில் நீந்துவதாலும் மலக்குடல் நீரை விரை வாக வெளியே பீச்சுவதால் ஏற்படும் உந்து வகையி னாலும் முன்னோக்கிப்பாய்ந்து இவை இடப்பெயர்ச்சி செய்கின்றன.

இங்கு இளநிலை வளர்ச்சி நடைபெறுகிறது. வளர்ச்சிப் பருவத்தில் ஏறத்தாழப் பத்து வளர்நிலை கள் (Instars) உள்ளன. இறக்கைகள் சிறிது சிறிதாக வளர்கின்றன. இளவுயிரி நிலையில் இவற்றிற்கு எண்ணற்ற பகைகள் உள்ளன. இறுதிநிலை இளவுயிரி நீரை விட்டு வெளியே ஊர்ந்து சென்று நீர் நிலைகளின் ஓரங்களில் காணப்படும் தாவரங் களையோ இலைகளையோ பற்றிக் கொள்ளும். பிறகு இந்த இறுதி வளர்நிலை இளவுயிரியின் முதுகில் ஒரு பிளவு தோன்ற, அதிலிருந்து இறகுகளுள்ள வளர்ந்த பூச்சி வெளிவருகிறது. இவ்வளர்ச்சிப் பருவம் ஓராண்டுகாலம் வரை நடைபெறுவதாகத் தெரிகிறது,

பொருளியலின் முக்கியத்துவம். தட்டாம்பூச்சிகள் மனித சமுதாயத்திற்கும், விலங்குகளுக்கும் பலவித

நன்மைகள் செய்கின்றன. மனிதனுக்கும் ஆடு மாடு களுக்கும் நோய் தோற்று விக்கும் கிருமிகளைக் கடத்தும் பூச்சிகளையும், கொசுக்களையும் இதர தொல்லைதரும் பூச்சிகளையும் தேடிப்பிடித்து உண்ணுகின்றன. மேலும் இவை பயிர்களையும், தாவரங்களையும் தளிர்களையும் தாக்கும் வெட்டுக் கிளிகளையும், பூச்சிகளின் இளவுயிரிகளையும் பிடித்து உண்ணும். எனவே இப்பூச்சிகளால் சாதாரண மனிதனுக்கும் விவசாயிகளுக்கும் பெரிதும் பயன் ஏற்படுகிறது. விவசாயப் பொருள்கள் பாதுகாக்கப் படுவதால் நாட்டின் பொருளாதார முன்னேற் றத்தில் இப்பூச்சிகள் பெரும் பங்கேற்கின்றன.

வகைப்பாடு. வரிசை ஓடோனேட்டாவில் சுமார் 5000 இனங்கள் வரை இன்றைய உலகில் காணப் படுவதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. வரிசை ஓடோ னேட்டா இரண்டு உள்வரிசைகளாகப் (Suborder) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

உள்வரிசை. 1. சைகாப்ட்ரா (Zygoptera)

உள்வரிசை. 2. அன்ஐசாப்ட்ரா (Anisoptera)

சைகாப்ட்ரா. இதில் எல்லா ஊசித்தட்டான் பூச்சிகளும் (Damsel flies) அடங்கும். இவை ஆஸ்தி ரேலியா கண்டத்தில் அதிகம் காணப்படுகின்றன. இந்தியாவில் காணப்படும் ஊசித்தட்டான் பூச்சிகள் வெஸ்ட்டாலிஸ் (vestalis) மற்றும் நியுரோபேசிஸ் (neurobasis) இனத்தைச் சேர்ந்தவை.

இவை மிக மெண்மையான உடலுடைய சிறிய பூச்சிகள். இவை அழகிய வண்ணங்களுடன் திகழும். நதிக்கரையோரம், அல்லது குளக்கரையோரங் களில் அதிகம் காணப்படுகின்றன. இப்பூச்சிகள் மெது வாகப் பாய்ந்து பாய்ந்து பறக்கும் இயல்புடையன. இப்பூச்சிகள் ஓய்வாக அமர்ந்திருக்கும்போது தம் இறக்கைகளை ஒன்று சேர்த்துக் குவிந்த நிலையில் வைத்துக்கொள்ளும். தம் இறக்கைகளின் உதவியால் இவை உணவினைப் பிடிக்கும் மெல்லிய உடலைக் கொண்டிருப்பதால் இவை ஊசித்தட்டான் எனப் பெயர் பெற்றன.

அன்ஐசாப்டிரா. இதில் எல்லாத் தட்டாம் பூச்சி களும் (dragon flies) அடங்கும். இவை உருவத்தில் பெரியவை. உறுதியான உடலமைப்புடையவை. மிக விரைவாகவும், உறுதியாகவும் பறக்கும் ஆற்றல் பெற்றவை. ஓய்வெடுக்கும் காலத்தில் தம் இறக்கை களை விரித்த நிலையிலேயே வைத்திருக்கும். பறக்கும் போதே உணவினைப் பிடிக்கும். இவை மனித சமு தாயத்திற்குப் பெரும் உதவி புரிகின்றன. இவற்றின் வளர்ச்சிநிலைகள் ஓராண்டு வரை நீடிக்கும்.

- அ. ஷேக் தாவூத்

நூலோதி. Mani. M.S., General Entomology, Oxford Publishing Co. Bombay.

படம்.

ஓணான்

ஓணான் ஊர்வன வகுப்பில் ஒந்தி உள்வரிசையைச் சேர்ந்தது. இதன் விலங்கியல் பெயர் கலோட்டிஸ் வர்சிகோலர் (*Calotes Versicolor*) என்பதாகும். மரத்தில் வாழும் இதற்குப் பட்டையைப் பற்றிக் கொண்டு ஏறுவதற்கேற்ற நீண்ட விரல்களும் நகங் களுமுள்ளன. ஓணான் தோட்டங்களிலும் வேலி யிலும் சுவரிலும் புல்தரையிலும் ஓடிக்கொண்டும், தலையை மேலும் கீழும் ஆட்டிக்கொண்டும், வெயிலில் காய்ந்து கொண்டும் இருப்பதைக் காண லாம். இது பூச்சி, சிலந்தி புழுக்களையே முக்கிய உணவாகக் கொள்ளுகிறது. ஓணான் நிறம் மாற வல்லது. நிறம் மாறுவது உணர்ச்சியின் பயனாகவோ, வெயில் காயும் போதோ விளையலாம். தலையும் கழுத்தும் சற்று மஞ்சளாகவும் ஆங்காங்கு சிவப்பு விழுந்தும், உடல் சிவந்தும், காலும் வாலும் கறுத்தும் இருப்பதுண்டு. இனப்பெருக்கப் பருவத்தில் ஆண் ஓணான் பளிச்சென்ற செந்நிறத்தைப் பெறுகிறது. இக்காரணத்தால் இதற்கு இரத்த உறிஞ்சி (blood sucker) என்னும் பெயர் வழக்கிலிருந்து வருகிறது.

இதன் உடலை, தலை, கழுத்து, நடுவுடல், வால் எனப்பகுக்கலாம். உடல் முழுதும் செதில்களால் மூடப்பட்டுள்ளது. முதுகுப்பக்க நடுக்கோட்டில் உள்ள செதில்கள் முள்கள் போன்று காணப்படு கின்றன. இம்முள் தொடருக்கு முதுகுப்பக்க முகடு (dorsal crest) என்று பெயர். இத்தொடர் பிடரிப் பகுதியில் தொடங்கி நடுவுடலின் பிற்பகுதியில் முற்றுப்பெறுகிறது. இதன் உடல், முதுகுப்பக்கத்தில் இலேசான பழுப்பு நிறமாகவோ, சாம்பல் நிறமாகவோ, இருக்கும்; வயிற்றுப் பக்கம் அழுக்குப் படிந்த வெண்ணிறமாக இருக்கும்.

தலையின் முன்முனையில் வாய் இடம்பெற்றுள் ளது. வாயின் தொடக்கப்பகுதியில், அதன் வயிற்றுப் பக்கத்தில், ஒரு குறுக்குவசப் பிளவாகப் பொதுக் கழிவாய் (cloaea) அமைந்துள்ளது. தலையின் மேற் பரப்பில், முன்முனைக்குச்சற்றுப் பின்னால் ஓரிணை வெளி நாசித் துளைகள் (external nostrils) உள்ளன. தலையின் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் ஒரு கண் உண்டு. ஒவ்வொரு கண்ணும் மேலிமை, கீழிமை, ஊடு காண் திறன் கொண்ட நிக்டிடேட்டிங் சவ்வு (nictitating membrane) முதலியவற்றால் காக்கப்படுகிறது. கண்களுக்குப் பின்னால் உள்ளசெவித் துளைகள் செவிப்பறையினால் மூடப்பட்டு உள்ளன.

நடுவுடலின் வயிற்றுப்புறமாக ஈரிணை இணை யுறுப்புகள் உள்ளன. முன்கால், மேற்கரம், முன் கரம், கை ஆகிய பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. கையின் ஐந்துவிரல்களும் கூர்நகங்களைப் பெற் றுள்ளன. பின்கால், தொடை, கீழ்க்கால், பாதம் ஆகிய மூன்று பகுதிகளை உடையது. பின் காலின் ஐந்துவிரல்களும் கூர்நகங்களைப் பெற்றுள்ளன. நடுவுடலை அடுத்த வால் அடிப்பகுதி பருத்தும் பின்னோக்கிப் படிப்படியாகச் சிறுத்துக் கொண்டும் செல்லும்.

மேல் கீழ்த்தாடைகளின் விளிம்பில் பற்கள் உள்ளன. இவை தாடையெலும்புகளின் உள்விளிம் போடு ஒருங்கிணைந்து காணப்படுகின்றன. இத் தகைய பற்களுக்குப் ப்ளுரோடாண்ட் (pleurodont) என்று பெயர். வாய்க்குழியின் அடித்தளத்தில் தசையாலான நாக்கு உள்ளது. இது பின்முனையில் இணைந்தும், முன்முனையில் இணையாமலும் இருக்கும். நாவின் தொடக்கப் பகுதியின் பின்னால் குரல்வளைத்துளை (glottis) காணப்படுகிறது.

குரல்வளைத்துளை குரல்வளையினுள் திறக் கிறது. குரல்வளையினின்று தொடங்கும் மூச்சுக்குழல் இருகிளை மூச்சுக்குழல்களாகப் பிரிகிறது. ஒவ்வொரு கிளை மூச்சுக்குழலும் ஒரு நுரையீரலுடன் இணைந் துள்ளது. ஓணானின் விலா எலும்பிடைத் தசை களின் இயக்கத்தால் புறத்தேயிருந்து காற்று நாசித் துளை, குரல்வளை, மூச்சுக்குழல் வழியாக நுரை யீரல்களை அடைகிறது. இதனை உட்சுவாசம் என்பர். நுரையீரல்களில் காற்றுப் பரிமாற்றம் நிகழ்கிறது. அடுத்து நிகழும் வெளிச் சுவாசத்தின் போது, உள்ளிருந்து காற்று வெளிச்செலுத்தப்படும்.

கூம்பு வடிவமான மூன்றறை கொண்ட இதயம் உள்ளது இது இதய உறையால் முடப்பட்டுள்ளது. இதயத்தில் வல இட மேலறைகளும், ஒரு கீழறையும், ஒரு சிரைக்குடாவும் உள்ளன. இதயக்கீழறை ஒரு முற்றுப் பெறாத் தசைத் தடுக்கினால் இரண்டாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் இதயக்கீழறையின் இவ்விரு அறைகளும் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்டுள்ளன. தமனிகள் உடலின் பல்வேறு பகுதிகளுக்கு இரத்தத்தைக் கொண்டு செல்லவும், சிரைகள் உடலின் பல்வேறு பகுதிகளினின்றும் இரத்தத்தை இதயத்திற்குக் கொண்டு வரவும் செய்கின்றன. இவ்விரு வகைக் குழாய்களுக்கிடையே தந்துகிகள் காணப்படுகின்றன.

உணவுப்பாதையில் உணவுக்குழல், இரைப்பை, சுருளாக அமைந்த குடல், மலக்குடல், பொதுக் கழிவறை முதலியன அடங்கும். பொதுக்கழிவறை மலப்பாதை, பொதுக்கழிவுப் பாதை, சிறுநீர்ப்பாதை என முப்பகுதிகளை உடையது. மலப்பாதை மலத்தைப் பெறுகிறது. சிறுநீர்ப் பாதையில் இனப் பெருக்கச் சிறுநீர்க் குழாய்கள் திறக்கின்றன. பொதுக்

கழிவுப்பாதை பொதுக்கழிவாய் வழியாக வெளித் திறக்கிறது. கல்லீரல் இரண்டு மடல்களாக உள்ளது. வலமடலில் பித்தப்பை புதையுண்டுள்ளது. இதனின்று தோன்றும் பித்தநாளம் நடுச்சிறுகுடலின் இறுதியில் திறக்கின்றது. கணையம் முன்சிறு குடலையொட்டி அமைந்துள்ளது இதனின்றும் வெளிவரும் கணைய நாளம் முன்சிறுகுடலில் திறக்கின்றது.

நரம்பு மண்டலம் மூன்று பகுதிகளை உடையது. அவை மத்திய நரம்பு மண்டலம்: இதில் மூளையும் தண்டுவடமும் அடங்கும்; வெளி நரம்பு மண்டலம். இதில் மூளை நரம்புகளும் தண்டுவட நரம்புகளும் அடங்கும். தானியங்கு நரம்பு மண்டலம்; மூளையும் தண்டுவடமும் டியுராமாட்டர், பயாமாட்டர் ஆகிய இரு உறைகளால் சூழப்பட்டுள்ளது.

கண்ணின் விழி வெளிப்படலம் (sclerotic coat) குருத்தெலும்பாலானது. விழித்திரையில் கூம்புச்செல் களும் (cone cells) கோல் செல்களும் (rod cells) காணப்பட்டாலும் கூம்புச் செல்களின் எண்ணிக்கை மிகுந்துள்ளது. இதனால் ஓணான் ஓரளவு வண்ணப் பார்வை (colour vision) பெற்றுள்ளது. இமை உறுப்பில் உள்ளமைந்த இமை உறுப்புத் தசைகள் (ciliary muscles) காணப்படுகின்றன. முதுகெலும்பு களில் ஊர்வன வகையில்தான் முதன்முறையாக இத்தசைகள் தோன்றுகின்றன.

ஓணானின் செவி இருபகுதிகளையுடையது. இவை உட்செவி, நடுச்செவி எனப்படும். உட்செவிச் சவ்வு சிக்கல் (membranous labyrinth) ஆனது. இதில் யூட்ரிக்குலஸ், சாக்குலஸ், மூன்று அரை வட்டக் கால்வாய்கள் காணப்படுகின்றன. சாக்குலஸி னின்று லகினா என்னும் நீட்சி காணப்படுகிறது. நடுச்செவியின் வெளிச்சுவர் செவிப்பறையாலானது. இதனுடன் உட்புறத்தில் இணைந்துள்ள காலு மெல்லாச் சிற்றெலும்பு, அங்கவடி எலும்புடன் (stapes) இணைந்துள்ளது.

உடலறையின் பிற்பகுதியில் இரு சிறுநீரகங்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு சிறுநீரகத்தினின்றும் ஒரு சிறு நீர்க்குழாய் தோன்றிப் பின்னோக்கிச் செல்கின்றது. இக்குழாய் ஆண் ஓணானில், பின் முனையில் பொதுக் கழிவுப்பாதையினுள் திறக்குமுன் விந்து நாளத்துடன் ஒன்று சேர்கிறது. பெண் ஓணானின் சிறுநீர்க்குழாய் அண்ட நாளத்துடன் எவ்விதத் தொடர்பும் கொள்ளாமல் பொதுக் கழிவுப்பாதையுள் திறக்கிறது.

ஆண் ஓணானில் இரண்டு விந்தகங்கள் காணப் படுகின்றன. இவற்றின் உள்விளிம்பில் எபிடிடைமிஸ் என்னும் சுருள் குழல் இணைந்துள்ளது. இச்சுருள் குழலே நீண்ட விந்துக் குழலாகி இறுதியில் சிறுநீர்க் குழாயுடன் இணைந்து பொதுக் கழிவறையுள் திறக் கிறது. வால் தொடக்கத்தின் அடிப்பகுதியில் ஓரிணை யான கலவியுறுப்புகள், ஆண்குறிகள் உள்ளன. இவை இரத்தச் செறிவுடைய, பிதுங்கும் தன்மையுடைய பைகள் ஆகும். விந்தணுக்கள் வரிப்பள்ளங்கள் வழியாக இப்புணர்ச்சியுறுப்புகளை வந்தடைகின்றன. பெண் ஓணானில், ஓரிணை அண்டச் சுரப்பிகள் உள்ளன. இரு அண்ட நாளங்களும் முற்பகுதியில் அண்ட நாளப் புனல் வழியாக உடற்குழியினுள் திறக்கின்றன. அண்ட நாளங்களின் மறுமுனை, வாதக் கழிவறையுள் திறக்கின்றது. அண்ட நாளத் தில் கருவுறுதல் நடைபெறும். முட்டையிடும் காலம் மே முதல் 4 மாத காலமாகும். முட்டை சுமார் அரை அங்குல நீள, வேப்பங்காய் வடிவில் இருக்கும். தரையில் 5,6 அங்குல ஆழமுள்ள வளை தோண்டி அதில் 4-20 முட்டை இடும். குஞ்சு பொரிக்க 2 மாதமாகக்கூடும். முட்டையினின்று வெளிவரும் இளம் ஓணான்கள் மூக்கின் மீது ஒரு கூர்மையான முட்டைப்பல்லைப் (egg tooth) பெற்றிருக்கும். இதன் உதவி கொண்டே இது முட்டையின் ஓட்டை உடைத்துக் கொண்டு வெளி வருகிறது. சிலநாள்களில் இம்முட்டைப்பல் உதிர்ந்து விடும்.

இனப்பெருக்கக் காலத்தில் ஆணின் தலையும் கழுத்தும் மிகச் சிவந்திருக்கும். சில சமயம் கன்னம், கழுத்து, தொண்டைப்பகுதிகளில் கருநிறப்பகுதிகள் இருக்கலாம்.

இனப்பெருக்கக் காலத்தில் ஆண் ஓரிடத்தை நாடியடைந்து அருகிலுள்ள செடி அல்லது தழை மறைவிலிருக்கும் பெண்ணை மெல்ல அணுகும். உடலின் முன்பாகத்தை நன்றாக உயர்த்தித் தலை வணங்குவது போல் மேலும் கீழும் அசைக்கும். அதே சமயத்தில் தொண்டையை உப்பிக்கொண்டு அகற்றும். வாயைத் திறந்து திறந்து மூடும். வேறோர் ஆண் அங்கு வருமாயின் அதனுடன் சண்டையிடும். சண்டையில் இவற்றின் நிறம் விரைவில் மாறும். தோற்றுப் போன ஆண் ஓடிப்போகலாம். பிடி படலாம், கொல்லவும் படலாம். தோற்றதன் தொண்டையிலுள்ள கருநிறம் மறைந்து போகும்.

- ஜோ. எட்வின்

ஓதங்கள்

கடலின் நீர்மட்டம் சூரிய, சந்திரனின் ஈர்ப்பு விசை யால் ஒரு குறிப்பிட்ட காலவரையறைக்குட்பட்டு உயர்வதையும் தாழ்வதையும் கடல் ஓதங்கள் அல்லது ஏற்ற வற்றங்கள் (tides) என்பர். சந்திரனை விட 27 மில்லியன் மடங்கு பெரியது சூரியன். ஆனால் சூரியனைவிட நிலவிற்கே ஓதங்களின் மீது மிகு

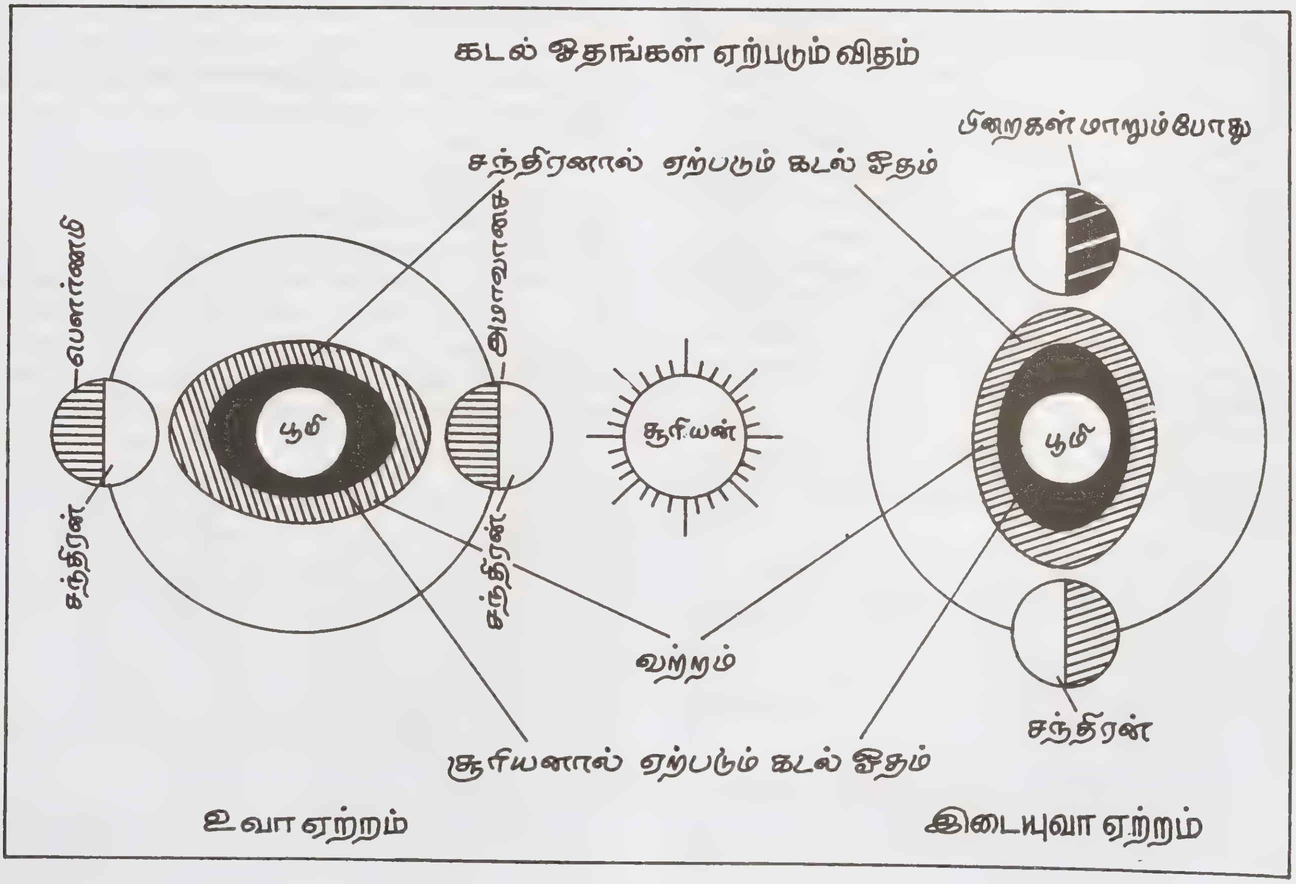
ஆதிக்கம் உள்ளது. சந்திரன் புவியைச் சுற்றி வலம் வருவதற்கேற்றவாறு வெவ்வேறு இடங்களில் ஓதங்கள் உயர்ந்தும் தாழ்ந்தும் அமைகின்றன. பௌர்ணமி, அமாவாசை நாள்களில் சூரியனும், சந்திரனும் பூமிக்கு ஒரே நேர்கோட்டில் அமைவதால் அவையிரண்டும் சேர்ந்து ஒரே திசையில் நீரை ஈர்க்கும். அந்நேரங்களில் கடற்கரையில் நீர் உயர்ந்தெழுந்து துறைகளின் அருகேயுள்ள படகுகளை உயர்மட்டத்தில் மிதக்கச் செய்யும். இதை உவா ஏற்றம் அல்லது ஓதப்பெருக்கு (spring tides) என்பர். அஷ்டமி நாள்களில் சூரியனும் சந்திரனும் வெவ்வேறு திசையில் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான நிலையில் நீரை ஈர்ப்பதால் ஓதங்கள் குறைய ஓத வற்றம் அல்லது இடையுவா வற்றம் (neap tides) உண்டாகிறது.

கடலின் மேற்பரப்பிலிருந்து கடலடி வரை நீர்ப் பிரிவில் ஏற்படும் இவ்வோத அசைவுகள், ஆழ்கடல் உயிரினங்களையும் கரைக்குக் கொண்டு வருவதால் மெஸினாவிலுள்ள (Messina) கடல் வாழ் உயிரின ஆராய்ச்சி நிலையத்திற்கு ஓதம் தொடர்பான தகவல் அறிய வாய்ப்பு அமைகிறது.

சந்திரனும், சூரியனுமே நீரைக் கவர்ந்திழுக்கின்றன என்றாலும், இந்த ஓதத்தின் தன்மை, அதன் அளவு, ஆற்றல் உயரம் என்பன அந்தக் கடற்கரையின் தன்மை, அடித்தளத்தின் சரிவு, கடற்காற்றின் தன்மை, விரிகுடாவாயின் அகலம், ஆற்றின் ஆழம் இவற்றிற்கேற்ப அமைகின்றன. உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் ஓதங்கள் மிகவும் வேறுபடுகின்றன. உலகிலேயே மிக உயர்ந்த ஓதங்கள், பண்டி வளைகுடா (bay of fundy) அருகே 16 மீட்டருக்கும் உயர்வாக எழுந்த அதே நேரத்தில் அதற்கு அருகிலுள்ள மற்றொரு தீவில் 30 செ.மீ. அல்லது 60 செ.மீ.க்கும் குறைவாகவே இருந்தது.

இவ்வாறான இட வேற்றுமைகளுக்கு இன்றைய ஓத ஊசல் கொள்கை சிறந்த விளக்கமளிக்கிறது. ஓர் ஓதமற்ற மையத்தைச் சுற்றி ஒவ்வோர் இயற்கை மடுவிலும் ஓர் ஊசல் மேலும் கீழும் ஆடுகிறது என்பதை இக்கொள்கை விளக்குகிறது. இந்த மையத்தைச் சுற்றி அமைந்திருக்கும் இடங்களில் அசைவுகள் குறைந்தும், அப்பாலுள்ள இடங்களில் 2, 3, 5, 10, 13 மீட்டர் உயர்ந்தும் காணப்படுகின்றன. இந்த ஊசலின் கால அளவு (period of oscillation) ஏறத்தாழ 12 மணியாகும். இது பெருங்கடலின் ஓத கால அளவுகளுடன் ஒத்திருக்கிறது.

இந்த ஓதங்களின் பெருக்கமும் வற்றமும் ஒன்றையொன்று தொடர்கின்றன. ஒரே நாளில் கடல்



நீர்மட்டம் இருமுறை உயர்வதையும் தாழ்வதையும் நாளிரு ஓதங்கள் (semi diurnal tides) என்பர். ஒரே நாளில் ஒரே ஒரு முறை ஏற்ற வற்றங்கள் கொண்ட நாளோதங்களும் (diurnal tides) உண்டு. மேலும் ஓத அகல்வினால் (tidal range) ஏற்படும் வேறுபாடு களின் காரணமாக நீர்மட்டம் பல்வேறு உயரங்களில் எழுந்து அடங்குவதைக் கலப்பு ஓதங்கள் (mixed tides) என்பர். ஆனால் ஒரே நாளில் இரு ஏற்றங்களும் வற்றங்களும் நிகழ வேண்டுமென்பதற்கு நிலையான விதி எதுவும் இல்லை. அட்லாண்டிக் பெருங்கடலில் இரு ஏற்றங்களும், வற்றங்களும் ஒழுங்குற அமைந் தாலும் மெக்ஸிகோ வளைகுடாவில் அவ்வாறு அமைவதில்லை. பசிபிக் இந்தியப் பெருங்கடற்கரை களைப் போலவே, உலகின் பெரும்பாலான கடற் கரைப் பகுதிகளில் இருவகை ஓதங்களின் கலப்பே காணப்படுகிறது.

பொதுவாக, சந்திரனைக் கொண்டு 12½ மணி நேரத்திற்கொரு முறை தோன்றும் ஓத ஏற்றங்களும். 6½ மணி நேரத்திற்குப் பின்னர் தோன்றும் ஓத வற்ற மும் டஹீட்டி தீவில் ஏற்படுவதில்லை. அங்கு ஓத ஏற்றம் நண்பகலிலும், நள்ளிரவிலும் தோன்றுவது போல ஓத வற்றம் காலை 6 மணிக்கும் மாலை 6 மணிக்கும் ஏற்படுவதற்குச் சூரியனின் ஆதிக்கமே காரணமாகும்.

பொதுவாக ஓதங்கள் இயல்பான தன்மையைக் கொண்டிருந்தாலும் சில நேரங்களில் அச்சமூட்டக் கூடிய விளைவுகளையும் உண்டாக்கும். ஏற்றப் பெருக்கு ஏதோ சில காரணங்களால் பெரும் அலை யாக ஆற்றுப்போக்கில் நுழையும்போது ஓதப்பெருக்கு (tidal bore) தோன்றுகிறது. அமேஸான் ஆற்றில் தோன்றும் ஓதப்பெருக்கு ஆற்றுப்படுகையில் ஏறத் தாழ 350 கி. மீ தொலைவு உள்நோக்கி வருவது குறிப்பிடத்தக்கது. ஹாங்காங் நகரிலுள்ள ஸியன் தாங் (Tsientang) ஆற்றில் தோன்றும் ஓதப்பெருக்கு, கப்பல் போக்குவரத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது. பௌர்ணமி, அமாவாசை நாள்களில் வேகமாக முன்னேறும் அலை ஆற்று மட்டத்திற்கு 8 மீட்டர் உயரத்திற்கும் மேலெழும். சில நேரங்களில் கப்பல், படகுகளை இவை தாக்குவதால் முன்னெச்சரிக்கை யுடன் இக்கலங்கள் பாதுகாப்பான இடத்தில் வைக்கப் படுகின்றன.

இவ்வாறன்றிப் புவி அதிர்ச்சி, சூறாவளி போன்ற வற்றால் தோன்றும் ஓத அலைகளும் அச்சந்தரத் தக்க விளைவுகளை உண்டாக்குகின்றன. 1755 இல் லிஸ்பனில் ஏற்பட்ட ஓத அலை தாகூஸ் (Tagoose) நதியிலுள்ள அனைத்துக் கப்பல்களையும் அழித்து விட்டது.

சில வேளைகளில் குறுகிய பாதைகளில் ஓத நீரோட்டங்கள் (tidal streams) வெள்ளமெனப் பாய் கின்றன. வெள்ள நீரோடை எனப்படும் இவ் வகை ஆல்டர்னி, பெனின்சுலா என்ற இடங்களில் கப்பல்களை நங்கூரம் இட முடியாதவாறு அவற்றைக் கடல் பாறைகளிலும் பவழப் பாறைகளிலும் மோதி உடைத்து விடும். அகுன் நீர்ச்சந்தி (Akun Strait) வழியாக வெள்ளம் போல் பாய்வதால் கலங்களும், மனிதர்களும் தாக்கப்படுவதுண்டு.

ஷெட்லேண்ட்ஸ், ஆர்க்னீஸ் தீவுகளுக்கு இடை யில் திறந்த அட்லாண்டிக்கிலிருந்து கிழக்கு முகமாக ஓதம் வட கடலினுள் நுழைகிறது. வற்றக்காலத்திலும் அதே வழியாகத் திரும்புகிறது. ஓதத்தின் சில நிலை களில் நீர்த் தேக்கப் பள்ளங்களும் உண்டாகும். இத னால் நீர்ச்சுழல்கள் ஏற்படுகின்றன. இச் சுழல்களில் சிக்கும் கப்பல்களை மீட்பது கடினமாகையால் சுழல் களைத் தவிர்க்குமாறு கப்பல்களுக்கு முன் அறிவிப்புச் செய்யப்படுகின்றது. எதிர் எதிரே சந்திக்கும் ஓத அலைகளாலும் நீர்ச்சுழற்சி (whirl pool) உருவாகி, சிறு சிறு படகுகளையும் கப்பல்களையும் சுழி நீரில் அமிழ்த்திவிடும்.

ஓதத்தின் எழுச்சியையும், வேகத்தையும், வற்றத் தையும் செயற்கை முறையில் தணிக்க இயலாது. இயற்கைத் துறைமுகங்களில் ஓதம் போதுமான நீரை உள்ளே கொண்டு வந்த பின்னரே கப்பல் துறைக்கு வரமுடியும். கடல் மந்தமான நிலைக்கு வரும் வரை நியூயார்க்கிலுள்ள துறைக்கு வரக் கப்பல் காத்திருக்க வேண்டியிருக்கும். இல்லையெனில் ஏற்ற நீரோட்டம் கப்பலைத் தாக்கிவிடும். ஃபண்டி விரிகுடாவில் அமைந்துள்ள சில துறைமுகங்களில் சரக்குகள் ஏற்றி இறக்குவதை ஏற்றவற்றங்கள் முழுதும் கட்டுப் படுத்துகின்றன.

கப்பல்களை மட்டுமன்றிக் கடல் உயிரிகளையும் இந்த ஓத நிலை தாக்குகிறது. சிப்பி, மட்டி, கிளிஞ் சல் எனப் பல்வேறு வகையான ஒட்டி வாழும் கடல் உயிர்களை ஏற்றவற்றங்களால் அலமரச் செய்கின் றன. ஏற்றவற்றங்கள் கொண்டு வரும் உணவுப் பொருள்களைக் கொண்டு வாழும் உயிரினங்கள் ஓதத்தோடு ஒத்த வாழ்க்கை நடத்துவதற்கேற்ற தகவமைப்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. க்ருன்யன் (grunion) எனும் சிறு மீன், ஓதவற்றக் காலத்தில் கரைகளில் சென்று முட்டைகளையிடுகின்றது. ஏனெனில் ஓதப்பெருக்கு அமாவாசை பௌர்ணமி நாள்களில் மிக உயரும் என்பதால் அது வரை கரை யில் வளரும் மீன் முட்டைகள் ஓதம் பெருகி வரும் போது மீன்குஞ்சுகளாக மாறி நீரோடு கடலில் புகுந்து விட வாய்ப்புண்டு. கடலில் ஏற்படும் ஓத ஒழுங்குகளுக்கு ஏற்றவாறு பலவகைக் கடல் உயிரி னங்களின் வாழ்க்கை முறை நன்கு அமைந்துள்ளது. இவ்வுயிரினங்களில் வியப்புநிலை குறித்து ஆய்வுகள் தொடர்ந்து நடந்து கொண்டிருக்கின்றன.

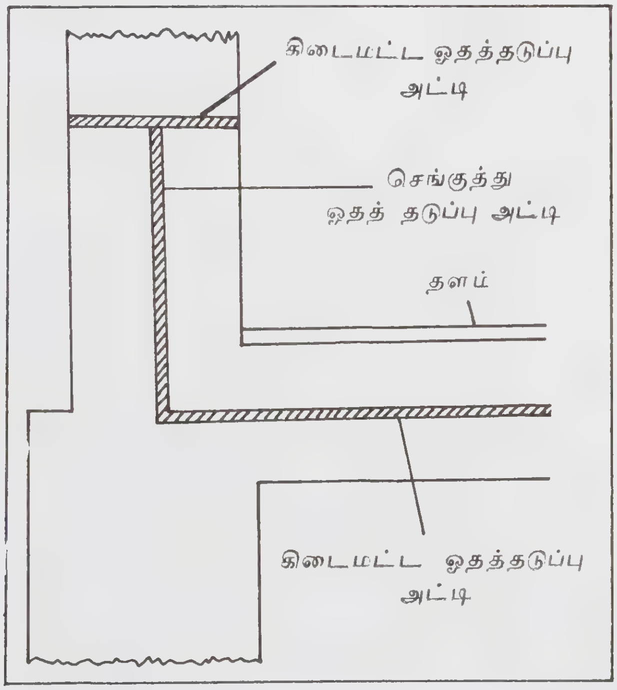
ஓதங்களைப் பற்றிய ஆய்வு இன்றளவும் தொடர்ந்து கொண்டிருந்தாலும், ஐக்கிய நாடுகளின்

கரைகடல் நிலை ஆய்வுக்குழு கண்டறிந்துள்ள கருவி மிகவும் பயனுள்ளதாகும். அதன் உதவியால், உலகின் எப்பகுதியிலும் கடந்த காலத்தில் தோன்றிய ஓதத்தின் காலத்தையும், உயரத்தையும், வருங்காலத்தில் தோன்றக்கூடிய ஓதத்தின் காலத்தையும், உயரத்தையும் அறிந்து கூற இயலும். ஆனால் இக்கருவியைப் பயன்படுத்த வேண்டுமாயின், ஏதோ ஒரு காலத்தில் அவ்விடத்தில் நிலத்தோற்றக் கூறுகள் ஓத அசைவுகளை எவ்வாறு மாற்றியமைத்தன, எவ்வாறு இயங்கச் செய்கின்றன என்பவை பற்றிய தலக்குறிப்புகள் தயாரிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இக்குறிப்புகளைக் கொண்டு எதிர்கால ஓதங்களைப் பற்றி அறிய முடியும்.

ஓதத்தடுப்பு

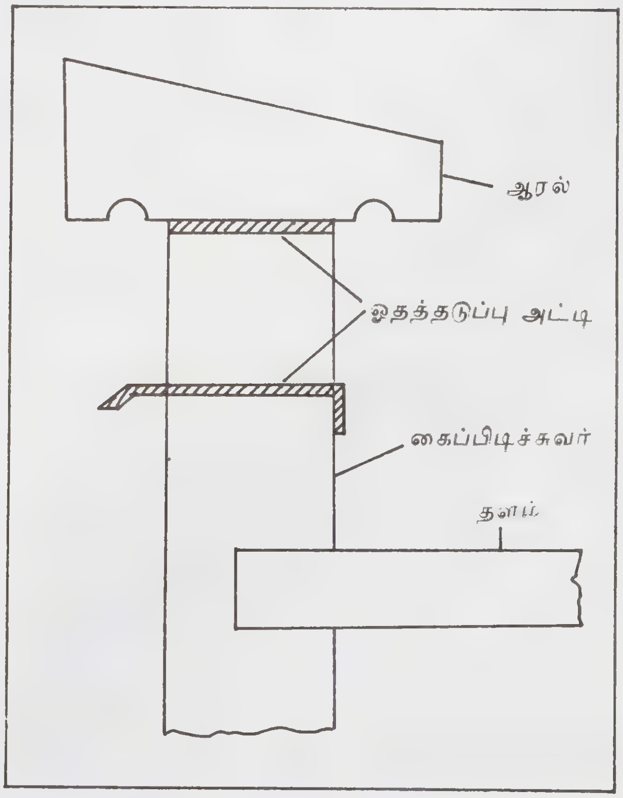
வீட்டின் சுவர், தளம் இவற்றின் மேல் படரும் ஈரம் ஓதம் (damp) எனப்படுகிறது. ஓதம் தரை, சுவர் இவற்றில் விரும்பத்தகாத கறைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. வண்ணப்பூச்சுகள், மின் அமைப்புகள் இவற்றில் இழப்பை விளைவிக்கிறது; மரப் பொருள்களின் மேல் பூசணம் படர்வதற்குக் காரணமாகிறது. ஓதம் மிகுந்துள்ள வீட்டில் வாழும் மக்கள் உடல் நலக்குறைவு பெறுகின்றனர்.

கூரையிலிருந்து மழை நீர் ஒழுகுவதாலும், மேல் கைபிடிச்சுவர்களின் விரிசல்கள் வழியாக நீர் கசிவதாலும் ஈரம் சுவர்களில் இறங்கி ஓதமாக வெளிப்படுகிறது. குளியலறை, சமையலறை இவற்றிலிருந்து நீர் ஆவியாகி வீட்டின் சுவர்களின் மேல் படிவதாலும் ஓதம் தோன்றுகிறது. கைப்பிடிச்சுவருக்குச் சரியான ஆரல் (coping) அமைத்தல். தளம் சுவர் இவை சேருமிடங்களில் ஓதத்தடுப்பு அட்டிகள் (damp-proof course) அமைத்தல் ஆகியவை ஓதத்தடுப்பு முறைகளாகும்.



கூரையிலிருந்து சுவரின் பக்கமாக வடியும் மழை நீர், சுவரை நேராகச் சாடும் மழை, சுவரினூடே பதிக்கப்பட்ட வடிகுழாயின் விரிசல் நீர் ஆகியவை சுவரின் பக்கங்களில் ஓதமாகத் தோன்றும். கோம்பைக் கூரை வீடுகளில் சரியான மச்சிறக்கம் (eaves), சுவரின் இடையே முறையாகப் பொருத்தப்படும் வடிகுழாய்கள், தடிப்பு மிக்க சுவர்கள், நீர் கசியாத சுவர்ப் பூச்சுகள் இவற்றைப் பயன்படுத்தி இவ்வகை ஓதத்தைத் தடுக்கலாம்.

ஓதம் நிலத்திலிருந்து அடிமானம், தளம் இவற்றிலுள்ள நுண் புரைகளின் வழியே மேலெழுகிறது. சரியான வடிகால் அமைப்புப் பெறாமல் வீட்டிற்கு அருகில் நீர் தேங்கல், தாழ்வான அடித்தளம் (basement) இவற்றால் ஓதம் ஏற்படும். ஓதத்தடுப்பு அட்டிகளைத் தளங்களின் கீழே பரப்பியும் நிலமட்டத்திற்கு அருகில் சுவர்களில் அமைத்தும் மேல் எழும் ஓதத்தைத் தடுக்கலாம்.



நிலக்கீல் (aspha't), தார் ஆகிய பொருள்கள் ஓதத் தடுப்பு அட்டிகளில் பயன்படுகின்றன. ஓதத்தடுப்பு அட்டியை 25 மி.மீ. தடிப்பில், சிமெண்ட் செறிந்த கற்காரையில் நீர் கசியாவாறு தக்க வேதிக் கலவை களைச் சேர்த்து அமைப்பது பொது வழக்கமாகும். ஓதத்தடுப்பு அட்டிகள் தொடர்ச்சியாகப் படம் 2இல் காணும் வண்ணம் அமைக்கப்பட வேண்டும். உயரமான அடித்தளமும், நீர் தேங்காத சுற்றுப்புற வடிகால் அமைப்பும் ஓதத்தடுப்பிற்குப் பெரும் துணை புரியும். காற்றோட்டமுள்ள வீடுகளை அமைப்பது குளிர்ந்து படரும் ஓதத்தைத் தடுக்கும்.

-இல.சு. ஜெயகோபால்

ஓதத்தடுப்பும், தேய்வுக் காப்பும் உடைய காலணி அடித்தோல்

காலணி அடித்தோல்கள் பெரும்பாலும் தாவரப் பொருள்களைக் கொண்டு பதனிடப்படுகின்றன. தற்காலத்தில் தாவரப் பதனிட்ட காலணித் தோல் களுக்கே தேவை மிகுதியாக உள்ளது. ஒரு சிறிதளவே நிறமிய (குரோம்) மற்றும் இதர உலோகப் பதனிட்ட தோல்களைக் காலணி செய்வோர் பயன்படுத்து கின்றனர். இவ்வாறான தோல்களின் நீர்க்காப்புத் தன்மையும், தேய்வுக்காப்புத் தன்மையும் தேவைக்குப் போதுமானவையாக இல்லை. செயற்கை (synthetic) மற்றும் ஞெகிழிக் (plastic) காலணித் தோல்கள் மேற்குறித்த தேய்வுக்காப்பும் நீர்க்காப்பும் கொண்டுள்ளன. இதனால் இச்செயற்கைத் தோல் களையே காலணி செய்யும் தொழிற்சாலைகள் பயன்படுத்துவதால் இயற்கைப் பொருள்களைக் கொண்டு பாடம் செய்த தோல்களுக்குத் தேவை குறைந்து வருகிறது இருப்பினும் தோலின் தன்மையை நன்கு அறிந்தோர் தாவரப் பதனிட்ட காலணித் தோல்களையே இன்றும் விரும்பி வாங்கு கின்றனர்.

காலணி அடித்தோல்களில் போதிய அளவு நீர்க்காப்பு இல்லை என்றால் காலணிகள் நீரை ஈர்த்துக் கொண்டு உருமாற்றம் அடையலாம். காலணி அடித்தோல்களிலிருந்து நீரில் கரையும் பொருள்கள் வெளிப்பட்டு அதன் தோற்றதைக் கெடுக்கலாம். ஈரத்தில் நனையும்போது, காளான்கள் வளர்ந்து, அவற்றின் கவர்ச்சியான தோற்றத்தைப் பாழ்படுத்தும் காலணிகளை நீண்ட காலத்திற்குப் பயன்படுத்த இயலாதபடி, அடித்தோல்கள் விரைவி லேயே தேய்ந்துவிடும்.

இந்தியாவில் தயாராகும் காலணி அடித்தோல்கள் பெரும்பாலும் எருமை மாட்டுத் தோல்களிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகின்றன. மேல் நாடுகளில் காளை மாட்டுத் தோல்களைக் கொண்டு தயாரிக்கப்படும் காலணி அடித்தோல்களை விட நீர்க்காப்புத் தன்மை யிலும், தேய்வுக் காப்புத் தன்மையிலும் இந்த எருமை மாட்டு காலணி அடித்தோல்கள் தரம் குறைந்து உள்ளன. அதனால் எருமை மாட்டுத் தோல்களி லிருந்து தயாரிக்கப்படும் காலணி அடித்தோல்கள் செம்மையாகவும், நாற்றம் அடிக்காமலும், நிறத்தில் பன்னாட்டு முறைகளில் தயாரிக்கப்பட்ட தோல் களைப் போலவும், ஓதத்தடுப்பு மற்றும் தேய்வுக் காப்புத்தன்மையிலும் இருக்க வேண்டும்.

ஓதத்தடுப்பு. தோலை ஓதத்தடுப்புடையதாக்குதல் என்பது பொதுவாகப் பலதரங்களையுடைய நீர் கசிவற்ற தோல்களைத் தயாரிக்கும் நிகழ்ச்சியைக் குறிப்பிடுகிறது. இருப்பினும், தாயாரிக்கப்படும் தோலின் தன்மையைப் பொறுத்து இதைக் கீழ்க் காணும் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

நீரை எந்தச் சூழ்நிலையிலும் புகவிடாதபடித் தடுக்கும் தோல் ஓதத்தடுப்பு செய்யப்பட்ட தோல் (water - proofed leather) எனப்படும்; தோலின் கன பரிமாணம் முழுதும் நீர் புகுவதை ஓரளவுக்குத் தடைப்படுத்தும் தன்மையுடைய தோல் நீர்க்காப்புத் தோல் . (water - resistant leather) எனப்படும். தோலின் மேற்பரப்பில் மட்டும் நீர் ஓட்டாதபடியும் பரவாதபடியும் விலக்கும் தன்மையுடைய தோல் நீரை எதிர்க்கும் தோல் (water - repellant leather) எனப்படும்.

பெரும்பாலும் ஓதத்தடுப்புள்ள தோல் விரும்பப் படுவதில்லை.தேய்வுக்காப்புத் தோல்கள்,நீர்க்காப்புத் தோல்கள் இவற்றைத் தயாரிப்பதற்குப் பயன்படுத் தும் பொருள்கள் கீழ்க்காணும் தன்மைகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

போதிய அளவு கிடைப்பதாக இருக்க வேண்டும்; குறைந்த அளவு பயன்படுத்தினாலே சிறந்த பயனைத் தருவதாக இருக்க வேண்டும்; விலை குறைவாக இருக்க வேண்டும்; தோலின் கன பரிமாணம் முழு தும் சீரான விழைவை ஏற்படுத்தும் தன்மையுடைய தாக இருக்க வேண்டும்; தோலின் சிறப்புத் தன்மை களுக்குக் கேடு உண்டாக்கக்கூடாது; செய்யப்படும் செயல்முறை பதனிடு தொழிற்சாலைக்கு ஏற்றதாக இருக்க வேண்டும், அதாவது தொழிற்சாலையில் மிகுதியான மாற்றங்கள் செய்யாமல், பயன்படுத்தத் தக்க செய்முறையாக இருக்க வேண்டும். இச்செய் முறையின்போது தொழிலாளிகளுக்கு எவ்விதத் தீங் கும் நேராதவாறு இருக்க வேண்டும். தீப்பிடித்தல் போன்ற விபத்துகள் ஏற்படாதவாறு இருக்க வேண் டும். மேற்கூறிய இவற்றால் தோலின் விலை உயரக் கூடாது. நீர்க்காப்புத் தன்மையுடைய தோல்கள் பெரும்பாலும் காலணி மேல் தோலாகும். அதே போல் நீரை விலக்கும் தன்மை தோலாடைக்கும் பொருந்தும்.

காலணி அடித்தோல். இந்தத் தோல் பெரும்பாலும் தாவரப் பதனிட்ட எருமைத்தோல்கள் அல்லது மாட்டுத் தோல்களாகும். தற்காலத்தில் இந்தத்தாவரப் பதினிடுவதற்குச் சற்றுக்கூடுதலாகவே செயற்கைப் பதனிடும் பொருள்களைப் பயன்படுத்துவதால் அதன் ஓதத்தடுப்புத்தன்மை மிகவும்குறைந்து நீரை மிகவும் உறிஞ்சுகிறது. இதைத் தடுக்க, தாவரப் பதனிட்ட தோல்களைச் சார்பு அலுமினியம் சல்ஃபேட் 30% நீரில் 24 மணி நேரம் ஊற வைத்துத் தோலுக்குப் போட்டுக் காய வைப்பர். இதனால் ஓதத்தடுப்பு மிகவும் உயரும். மேலும் தோலுக்கு இரப்பர் கரைசல், சிலிக்கான் கரைசல் போன்றவற்றைக் கொடுத்தும் ஓதத்தடுப்பை மேம்படுத்தலாம்.

காலணி மேல் தோல். காலணி மேல் தோல் நீர்க்காப்புத் தன்மையைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். இதற்கு நிறமிய பதனிட்ட தோலுக்கு நீர்க்காப்புத் தன்மை தரும் எண்ணெய்க் குழம்புகளைத் தோலுக்கு ஊட்டிப் பாடம் செய்யலாம். இதனால் காலணி மேல் தோல் சிறந்த நீர்க்காப்புத் தன்மையைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் சிலிக்கான் மற்றும் குரோம் ஸ்டிரியோட்டோ குளோரைடையும் கொடுத்து நீர்க்காப்புத் தன்மையைப் பெறலாம். தோலுக்கு எண்ணெய்க் குழம்பு கொடுத்து அமிலத்தால் அக்குழம்பை முறித்த பின்பு, இந்தக் குளோரைடைக் கொடுக்கலாம்.

தோலாடைகள். தோலாடைகள் குறிப்பாகச் சுயட் (suede) தோல்கள் நீரை விலக்கும் தன்மை பெற்றிருக்க வேண்டும். தோலாடைகளைப் பதப்படுத்திய பின்பு சாயம் மற்றும் எண்ணெய் கொடுத்து அமிலம் கொண்டு அப்பொருள்களைத் தோலில் சேர்த்து வைப்பர். பின்பு குரோம் ஸ்டிரியோட்டோ குளோரைட் கரைசலைத் தோலுக்குக் கொடுத்துப் பாடம் செய்வர். இத்தோல்கள் உலர்ந்த பின்பு நீரை எதிர்க்கும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கும்.

- எம். எஸ். ஒளிவண்ணன்

ஓத இடைப்பகுதி

கடலின் நீர்மட்டம் சூரிய, சந்திரனின் ஈர்ப்பு விசையால் ஒரு குறிப்பிட்ட காலவரைக்குட்பட்டு உயர்வதையும் தாழ்வதையும் கடல் ஓதங்கள் என்பர். இதைச் செயற்கை முறையில் தணிக்க முடியாது. ஓதங்கள் உயர்வதால் உயர் ஓதமும் (high tide) தாழ்வதால் தாழ்வோதமும் (low tide) ஏற்படுகின்றன. ஓதத்தின்போது கடல்நீர்மட்டம் உயர்ந்து கடல்நீர் வெள்ளமெனக் கரையை நோக்கிஉயர்கிறது. கரையில் இவ்வுயர் ஓதம் தொடும் பரப்பை உயர் ஓதப்பகுதி என்பர். அதேபோல் தாழ்வோதத்தின் காரணமாக நீர் வடிந்து ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி வரை காணப்படும். இதைத் தாழ்வோதப் பகுதி என்பர். உயர் ஓதப் பகுதிக்கும் தாழ்வோதப் பகுதிக்கும் இடைப்பட்ட பகுதி ஓத இடைப்பகுதி (intertidalzone) ஆகும்.

ஓதஇடைப்பகுதியில் நீர் நாள்முழுதும் நிலையாகக் காணப்படுவதில்லை என்ற காரணத்தால் இப்பகுதியில் வாழும் உயிரிகள் பல்வேறு தகவமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன. அவற்றின் வாழ்க்கை முறை ஏனைய உயிரிகளின் வாழ்க்கை முறையினின்று சற்று மாறுபட்டுக் காணப்படுகிறது. ஓதயிடைப் பகுதியில் வாழும் உயிரிகள் எப்பொழுதும் அலையின் இயக்கத்தால் பாதிக்கப்படுகின்றன. தொடர்ச்சியாக இப்பகுதியில் வரும் அலைகள் எண்ணற்ற உயிரிகளுக்கு நன்மையையும் அளிக்கின்றன. பொதுவாகச் சில உயிரிகள் அலை அடிக்கும்போது அலைகளோடு உருண்டு சென்று மீண்டும் அலை அடிக்கும்போது கரைப்பகுதியை அடைகின்றன. இத்தகைய நீரோட்ட நிலையிலும் பலவகையான குழியுடலிகள், புரையுடலிகள், பிரையோ சோவா போன்ற உயிரிகள் நன்கு வாழும் வண்ணம் தகவமைப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. மேலும் இவ்வுயிரிகளின் வாழ்க்கை முறையை எண்ணற்ற காரணிகளும் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

இயற்பியல் காரணிகள்

அலை. ஓத அலைகளின் உயரம் அப்பகுதியில் நிலவும் பரப்பளவு, உயர் ஓதத்தன்மையைப் பொறுத்துக் காணப்படும். அவ்விடத்தில் காணப்படும் ஓத அகல்வு ஒட்டியே உயிரிகளின் எண்ணிக்கை அமைகிறது. அலைகளின் கடுமையான சீற்றத்தைக் கூட எதிர்த்து நின்று வாழும் திறன் படைத்த உயிரிகளும் ஏற்ற உடலமைப்புக் கொண்ட உயிரிகளும் ஓத இடைப்பகுதியில் வாழ முடியும்.

வெப்ப நிலை. ஓத நீரோட்டத்தைப் பொறுத்தும் கால நிலைமையைப் பொறுத்தும் ஓதஇடைப் பகுதியில் நிலவும் வெப்பநிலை மாறுபடுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக திருவனந்தபுரம் கடற்கரைப்பகுதியில், தாழ்வோதப் பகுதியில் 29. 7-23. 1°C வரையிலும் நடுப்பகுதியில் 30. 4 - 24. 1°C வரையிலும் வெப்பநிலை நிலவுவதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். மாறுபட்ட வெப்பநிலையைத் தாங்கும் உயிரிகள் அவை வாழ்வதற்கேற்ற பகுதியைத் தேர்ந்தெடுக்கின்றன.

ஒளி. ஓத இடைப்பகுதியைத் தாக்கக்கூடிய காரணிகளில் ஒளியும் ஒன்றாகும். ஒளியானது மணற் பகுதியில் சிறிது தொலைவே செல்லக் கூடிய தன்மை கொண்டது. ஓத இடைப்பகுதியில் வாழும் சில உயிரினங்கள் ஒளியுமிழும் தன்மையைக் கொண்டு காணப்படுகின்றன.

வேதியியல் காரணிகள்

உப்புத்தன்மை. ஓத இடைப்பகுதியில், அதிக மழை, ஆற்று நீர் கடலில் கலப்பது போன்ற நிகழ்ச்சிகளின் விளைவாக உப்புத்தன்மை சிறிதளவு குறைந்து காணப்படும். மேலும் கடல் மட்டப்பகுதியில் உப்புத்தன்மை குறைந்தும் உள்ளே செல்லச் செல்ல உப்புத்தன்மை மிகுந்தும் காணப்படும். பருவக் காலங்களில் இப்பகுதியில் உயிரிகளின் எண்ணிக்கை குறைந்து காணப்படும்.

ஆக்சிஜன் ஓதஇடைப்பகுதியில் நிலவும் ஆக்சிஜன் அளவு அங்கு தொடர்ந்து காணப்படும் அலையைப் பொறுத்து மாறுபடுவதுண்டு. இங்கு ஆக்சிஜன் அளவு கடல்நீரில் கிடைப்பதைவிடக் கொஞ்சம் குறைவாக இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். இப்பகுதியில் வாழும் உயிரினங்கள் குறைந்த அளவு ஆக்சிஜனிலும் வாழும் தகவமைப்பைப் பெற்றுள்ளன.

கனிப்பொருள்கள். கடலுக்கு ஆற்று வெள்ளத்தால் வந்து சேரும் உயிரற்ற விலங்குகள், கடலில் உள்ள இறந்த உயிரிகள் முதலியவை மட்கிய பொருள்களோடு சேர்ந்து அலை அடிக்கும்போது மணல் துகள்களுடன் கலந்து சிறு சிறு துகள்களாக மாறுகின்றன. இவற்றிலிருந்து கனிமப் பொருள்களாகிய பாஸ்ஃபேட், நைட்ரேட், சல்ஃபேட் போன்ற பொருள்கள் மணலுடன் கலக்கின்றன.

உயிரிகளின் தகவமைப்புகள். ஓத இடைப்பகுதியில் சிறிய உயிரினங்கள் பல எளிய உடலமைப்புகளுடன் காணப்படுகின்றன. உடலில் செல்கள் குறைந்தும், சில உயிரிகளில் உணர்வு நீட்சிகள் குறைந்தும் காணப்படும்; இளமை மாறா நிலையும் காணப்படும். மேலும் சில உயிரிகளின் உடல் நீண்டும், புழுக்களை ஒத்த உருவமைப்புடனும் காணப்படும். சில உயிரிகளின் உடல் தட்டையாகவும் பரந்தும் காணப்படும். இவற்றின் உடலில் முள்கள் போன்ற செதில்கள் (scales) காணப்படும். நன்கு ஒட்டிக் கொள்வதற்காக இவற்றின் உடல் முழுதும் ஒட்டுச் சுரப்பிகள் காணப்படும்.

ஓத இடைப்பகுதியில் உயர் ஓதப்பகுதி தாழ்வோதப் பகுதி போன்றவை காணப்பட்டாலும், ஒவ்வொரு பகுதியும் மற்றொரு பகுதியிலிருந்து சற்று மாறுபட்டு விளங்குகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ஓத இடைப்பகுதியில் கடல் அலைகளால் பாதிக்கப்படாத கற்களும், பாறைகளும், மண்ணில் புதைந்த பாறை, மணல் பரப்பு கூரைப்பகுதி போன்ற பல பகுதிகளும் உள்ளன. ஒவ்வொரு பகுதியிலும் வாழும் உயிரினங்கள் அப்பகுதியில் நன்கு வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்பைப் பெற்று விளங்குகின்றன.

கடலோரப்பகுதியிலுள்ள அலைகளால் தாக்கப்படாத கற்களிலும் பாறைகளிலும்வாழும் கம்மாரஸ், நட்சத்திர மீன் போன்ற உயிரிகள் அலைகளின் தாக்குதலிலிருந்து தங்களைப் பாதுகாத்துக் கொள்கின்றன. மண்ணில் புதைந்துள்ள பாறைகளில் வாழும் உயிரிகள் மூச்சு விடுவதற்கும், உணவு உட்கொள்வதற்கும் பல தகவமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

பாறைகள் நிறைந்த கடலோரப் பகுதியில் வாழும் பலானஸ், கைட்டான், பட்டெல்லா போன்ற உயிரிகள், பாறைகளில் நன்கு ஒட்டி வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்பைப் பெற்று விளங்குகின்றன. ஒட்டும் சுரப்பிகளின் உதவியால் பாறையை நன்கு பற்றிக் கொண்டு வாழ்கின்றன. கடல் சாமந்திகள் அவற்றின் அடிக்கூட்டால் (Basal disc) பாறையைப் பற்றிக் கொள்கின்றன, பாலிகீட்டா வகையைச் சேர்ந்தபுழுக்கள் சுண்ணாம்பாலான குழல்களைத் தம் உடலைச் சுற்றி அமைத்துக் கொள்கின்றன. மேலும் பெரும்பாலான உயிரிகளில் விரைவாகச் சுருங்கும் தன்மை, தடித்த மேலுறை, பால் சார்பற்ற இனப் பெருக்க முறை, நீரை உடலில் தேக்கி வைக்கும் தன்மை, செயலற்ற நிலை, தற்காப்பு உறுப்புகளின் வளர்ச்சி போன்ற பலவித தகவமைப்புகள் இவ்வுயிரிகள் ஓத இடைப்பகுதியில் நன்கு வாழ வகை செய்கின்றன.

மணற்பரப்புடைய கரையோரப்பகுதியில் வாழும் உயிரிகள் மணலில் புதைந்து வாழ்வதன் மூலம் அலைகளின் சீற்றத்திலிருந்தும், மீறிய வெப்ப நிலையால் உடல் குறைந்து காய்ந்து போவதிலிருந்தும் தங்களைப் பாதுகாத்துக் கொள்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாகக் கடல் வெள்ளரி, அர்னிகோலா சைனாப்டா போன்ற உயிரினங்களைக் கூறலாம். மேலும் மணலில் தோண்டுவதற்கு ஏற்றவாறு தோண்டும் உறுப்புகள் நன்கு அமைந்துள்ளன.

சேற்றுப் பகுதியில் வாழும் சில உயிரிகள், மென்மையான உடலமைப்பையும் மெல்லிய புற ஓடுகளையும் வளர்ச்சியடையாத தசைகளையும் பெற்றுள்ளன. மணலில் புதைந்து செல்லும் உயிரிகள், அகன்ற கால்களையும் நீண்ட குழல்களையும் கொண்டுள்ளன. இவ்வுயிரிகளில் சிலவற்றின் கண் தனித்து இருக்காது. எடுத்துக்காட்டாக மையா, பின்னா, நாகா மியுரெக்ஸ், ஜெலாசிமஸ் போன்ற நண்டுகளைக் கூறலாம். ஓத இடைப்பகுதியில் நன்கு வாழ்வதற்கு இத்தகவமைப்புகள் துணை புரிகின்றன.

- சா. காசிநாதன்

ஓந்திக் கொக்கி

வடத்தின் நுனியுடன் அல்லது சங்கிலியின் ஒரு வளையத்துடன் பொருந்துமாறு வடிவமைக்கப்படும்

ஏற்றுவதற்குப் பயன்படுகிற பொருத்தியே ஒந்தி அல்லது ஏற்றிக்கொக்கி (crane hook) எனப்படுகிறது. இதன் பருமனான குறுக்களவுப் பகுதி பாரக்கோட்டிற் குச் செங்குத்தாக உள்ளது. செங்குத்து விசை, வளை விசை இவற்றின் கூட்டுச் செயல்பாட்டை இப் பகுதியே தாங்க வேண்டியுள்ளது, கொக்கியின் ஏதே னும் ஒரு பகுதியில் உண்டாக்கப்படும் அழுத்தத்தை விங்க்லர் சமன்பாடு மூலம் கணிக்கலாம். இம்முறையில் விசை சமமாகப் பகிரப்பட்டுள்ளதாக அறியப் படுகிறது. ஓரிடத்தில் செயல்படும் அழுத்தம் அவ் விடத்தில் செயல்படும் செங்குத்து விசை வளைவிசை இவை இரண்டின் கூட்டுத் தொகையாகக் கொள்ளப் படுகிறது.

சரியாக வடிவமைக்கப்பட்ட பகுதிகளில் இழு விசையும் அழுந்துவிசையும் பெரும்பாலும் சம அளவாகவே இருக்கும். இலேசான பொருள்களுக் கான கொக்கிகள் பெரும்பாலும் வட்டக் குறுக்குத் தோற்றமுடையவையாகவே இருக்கும். ஏனைய கொக்கிகள் நாற்சதுர வடிவுடனும் இரு முனை களிலும் உருட்டிவிடப்பட்ட தோற்றத்துடனும் அமைக்கப்படுகின்றன. வளைவிசைகள் குவிமுனை களில் உயர்கின்றன. இவ்விடங்களில் உட்புறத்தில் குறுக்களவு உயர்த்தப்படுகிறது. இக்கொக்கிகளின் குறுக்குத்தோற்றத்தைத் தோராயமான நாற்சதுர மாகக் கொண்டு விசைகளைக் கணிக்கலாம்.

-வயி. அண்ணாமலை

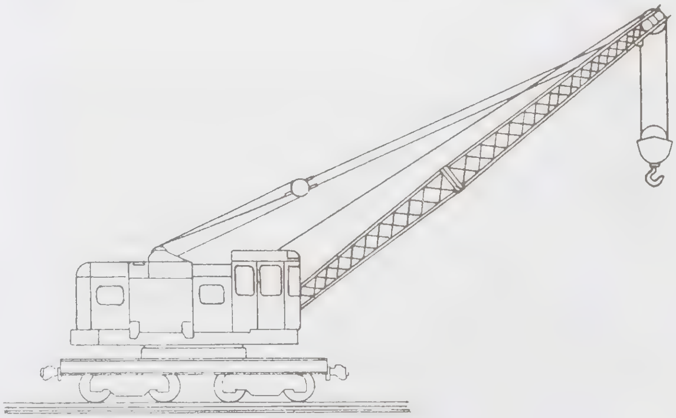
ஒந்தித் தூக்கு

இது கனமான பொருள்களைத் தூக்குவதற்குப் பயன் படும் ஒரு வகை ஊர்தி எந்திரமாகும். ஒந்தித்தூக்கு களில் (crane hoist) வடம் (cables) எனப்படும் உலோகக்கயிறுகள் தூக்கிகளாகப் பயன்படுகின்றன. ஒந்தித் தூக்கு, எந்திரத்தின் அடித்தளக் கட்டமைப்பு (under carriage) ஆற்றல் உற்பத்திக் கருவிகள் (power units), கட்டுப்படுத்துங் கருவி (control units) ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய ஓர் அறை (cab), உலோக வடத்தை இயக்குவதற்கான வசதிகொண்ட நீண்ட மரச்சட்டம் (boom) ஆகிய மூன்று பகுதி களைக் கொண்டது. பொதுவாக அடித்தளக் கட்ட மைப்பின் தரத்தைக் கொண்டு ஒந்தித் தூக்கு பல வாறு வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

கிராலர் ஒந்தித் தூக்கு (crawler crane) எனப் படும் ஒருவகைச் சுய அல்லது கையால் செலுத்தும் (self propelled) எந்திரம், இராணுவப் பீரங்கி வண்டி களில் பொருத்தப்படும் தொடர் இணைப்புகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது தூக்கியின் எடையையே பரவலாக்கி விடுகிறது. எனவே இவ்வகை ஒந்தித் தூக்குகள் மென்மையான நிலப்பரப்பில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

படம் 1. பாரவண்டி ஒந்தித் தூக்கு

பாரவண்டி ஒந்தித் தூக்குகளில் (truck crane) கட்டுப்பாடு, ஆற்றல் உற்பத்திக் கருவிகள் பார வண்டிகளின் அடிமணையின் (chassis) மேல் அமைக் கப்பட்டுள்ளன. இவ்வகைத் தூக்குகள் சதுப்பு நிலங்



படம் 2. தொடர் வண்டிப் பொறி ஒந்தித்தூக்கு

களில் பயன்படுத்த இயலாதவை. நெடுஞ்சாலை களிலும் கடினப் பாதைகளிலும் மட்டுமே மிகுதி யாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

சக்கர ஒந்தித் தூக்கு (wheeled crane) என்பது ஒரு தானியங்கு கருவியாகும், இது இரப்பர் சக்கரம் கொண்ட அடிமனையின் மேல் இணைந்த பகுதியாக (integral part) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. தூக்கியை இயக்கவும் வண்டியைச் செலுத்தவும் ஒரே பொறி (engine) பயன்படுகிறது.

தொடர் வண்டிப் பொறி (locomotive) ஒந்திந் தூக்கு என்பது தண்டவாளத்தின் மேல் செல்லக் கூடியது. இவற்றில் சில தானியங்கு செலுத்தியாக வோ, கட்டி இழுத்தல் (towed tybe) வகையாகவோ உள்ளன. ஒந்தித் தூக்குகளின் மற்றொரு வகை மிதக்கும் ஒந்தித் தூக்காகும். இந்தத் தூக்குகள் விசைப்படகு அல்லது கட்டைப்படகுகளை (barge or scow) அடித்தளக்கட்டமைப்பாக கொண்டுள்ளன.

இவ்வகைத் தூக்குகள் நீரின் மேல் வேலை செய்ய உதவுகின்றன. இவை இழுபடகுகள் (tug boats) மூலமாக ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத் திற்கு நகர்த்தப்படுகின்றன; மிதக்கும் ஒந்தித் தூக்குகள் நீராவி எந்திரம் மூலம் ஆற்றலைப் பெறு கின்றன. இவ்வகை ஒந்தித் தூக்குகள் உட்கனற் பொறி மூலம் இயக்கப்படுகின்றன. கட்டட அடித் தளத் தாங்கு நீண்ட நிலத்தூண்களை (piles) அவற்றிற்குரிய இடத்தில் பொருத்தும் எந்திரத்தில் (pile driver) பயன்படும் பாரந்தூக்கிகள், நீராவி அல்லது காற்றழுத்தி மூலம் செயல்படுகின்றன.

- பொ. கு. பழநி

ஓநாய்

தற்கால வளர்ப்பு நாய்கள், ஓநாய்களிலிருந்து(wolves) படிமலர்ச்சியுற்றவையாகும். ஓநாய்கள் பழங்காலத் தில் ஐரோப்பிய, ஆசிய வடஅமெரிக்கப் பகுதிகளில் பரவலாக வாழ்ந்தன. காலப்போக்கில் இப்பகுதி களின் பெரும்பாலான இடங்களில் மனிதர்களின் குடியேற்றத்தால் ஓநாய்களின் பரவலும் எண்ணிக்கை யும் பெரிதும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுவிட்டன. ஓநாய்கள் அனைத்துவகை வாழிடங்களிலும் பரவ லாக வாழ்கின்றன. பாலைவனங்களிலும் வெப்பக் காடுகளிலும் அரிதாகவே காணப்படுகின்றன. ஆசிய, ஐரோப்பியப் பகுதிகளில் 6 உள்ளினங்களைச் சேர்ந்த ஓநாய்களும் வடஅமெரிக்காவில் 20 உள்ளின ஓநாய் களும் காணப்படுகின்றன. இவற்றுள் ஐரோப்பிய ஆசிய, வட அமெரிக்கப் பகுதிகளில் வாழும் மர ஓநாய் (timber wolf or grey wolf, canis lupns) லூதியானா, டெக்சாய் ஆகிய பகுதிகளில் காணப் படும் சிவப்பு ஓநாய் (red wolf canis tufus) ஆகிய இரண்டு வகைகளும் குறிப்பிடத்தக்கவை.

சிவப்பு ஓநாய் இனம் அருகி வருகிறது. ஜப்பானிய ஓநாய் இனம்(japanese wolf canis lnupus hydophylax) 1920 ஆம் ஆண்டு அற்றுப்போய்விட்டது. இன்றைய வளர்ப்பு நாய்களின் முன்னோடி எனக் கருதப்படும் இந்திய ஓநாய் இனமும் (Indian wolf canis lupus pallipes) அருகி வருகிறது. கிழக்கு ஆஸ்திரியாவிலும் ஹங்கேரியிலும் வாழ்ந்த மற்றோர் உள்ளினம் (canis lupus) 20ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் அற்றுப்போய்விட்டது.

ஓநாய்கள் மந்தைகளாகக் கூடிவாழ்கின்றன. ஒரு மந்தை என்பது ஒரு குடும்பத்தைவிடச் சற்றுப் பெரியது. இதில் 8 - 20 ஓநாய்கள் வரை உள்ளன. ஒவ்வொரு மந்தையும் அதன் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவுக்குள் வாழ்கிறது. இந்த வாழ்பரப் பின் எல்லைகள் ஓநாய்களின் சிறுநீரால் குறிக்கப்படு கின்றன. ஒரு மந்தையின் எல்லைக்குள் நுழையும் வேற்று மந்தைகளைச் சேர்ந்த ஓநாய்கள் விரட்டப் பட்டு வெளியேற்றப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு மந்தைக் கும் ஆற்றல் மிக்க ஓநாய் ஒன்று தலைமை வகிக்கிறது.

ஓநாய்கள் நாயைப்போன்ற தோற்றமுடையவை. அவற்றின் நிறம் அவற்றின் வாழிடங்களுக்கேற்ப வேறுபடுகிறது. பெரும்பாலான ஓநாய்கள் சாம்பல் நிறத்தவை. ஆர்டிக் பகுதிகளில் வாழும் ஓநாய்கள் தூய வெண்ணிறமானவை. காடுகளில் வாழ்பவை கறுப்பு நிறமுடையவை. முழுவளர்ச்சியடைந்த ஆண் ஓநாயின் சராசரி உடல் நீளம் 1.5மீ- 2மீ எடை. 35 கி. கி. -54 கி.கி தோள்மட்ட உயரம் 76செ. மீ. பெண் ஓநாய்கள். ஆண் ஓநாய்களை விட

படம். சாம்பல் நிற ஓநாய்.

உருவில் சிறியவை. பெரியதலை நிமிர்ந்த காதுகள், உறுதியான பற்கள் ஆகியவை ஓநாய்களின் சிறப்பமைப்புகள். ஓநாய்களின் நீண்ட, மெல்லிய முன்கால்களில் ஐந்து விரல்களும் பின் கால்களில் 4 விரல்களும் உள்ளன. இவற்றின் பற்களின் எண்ணிக்கை 42. தாடைகள் வலிமை மிக்கவை.

ஓநாய்களின் வாலின் மேற்புறத்திலுள்ள நறுமணச்சுரப்பி (scent gland) ஒன்றொடொன்று தொடர்பு கொள்ள உதவுகிறது. ஓநாய்கள் கூர்மையான பார்வையுணர்வும் நுட்பமான கேட்கும் திறனும் மோப்ப உணர்வுமுடையவை. மோப்பத்திறனால் 1.6 கி. மீ. தொலைவிலுள்ள மானைக்கூட அவை அறிந்துகொள்கின்றன இடையூறுகளுக்குட்படும்போது காதுகளை விறைப்பாக நிமிர்த்திப் பிடரிமயிரைச் சிலிர்த்துக் கொள்கின்றன. சராசரியாக மணிக்கு 25-35கி. மீ. வேகத்தில் ஓடக்கூடிய ஓநாய்கள் நன்றாக நீந்தவும் செய்கின்றன. 8 கி.கி. எடையுள்ள இறைச்சியை உண்ணும் திறம் மிக்கவை என்றாலும் தொடர்ச்சியாக 15 நாள்கள் வரை உணவின்றி வாழக்கூடிய தன்மையும் புலப்படுகின்றது.

ஓநாய்களுக்கும் நாய்களுக்குமிடையே கலப்பினங்கள் (hybrids) உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்தக் கலப்புயிரிகளின் நடத்தை, மரபியல் பண்புகளைப் பற்றி முழுமையான குறிப்புகள் கிடைக்கவில்லை. வட அமெரிக்காவில் ஓநாய்கள் வளர்ப்பு விலங்குகளாக வீடுகளில் வளர்க்கப்படுகின்றன. ஆனால் இவை வளர வளர வீட்டுக்கு வரும் புதியவர்களைத் தாக்குவது, வீட்டுப் பொருள்களைப் பாழாக்குவது போன்ற வேண்டாத இயல்புகள் வளருவதால் இவை வீடுகளில் வளர்க்கத் தகுந்தவை அல்ல.

ஓநாய்கள்பாலூட்டிகள் வகுப்பில் ஊனுண்ணிகள் வரிசையில் (order carnivora) நாய்க்குடும்பத்தில் (canidae) வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

- ஜெயக்கொடி கௌதமன்

ஓப்பல்

இது இரத்தின வகையைச் சேர்ந்த ஒரு விலை உயர்ந்த மணியாகும். ஓப்பல் (opal) என்பது கண் மணி எனத் தமிழில் பொருள்படும். கல் என்னும் தமிழ்ச்சொல்லே காலப்போக்கில் மருவி ஓப்பல் என்றானது என்பர். பொதுவாக, கறுப்பு நிற ஓப்பல் மிகவும் கவர்ச்சியுடன் இருக்கும். பால் போன்ற வெள்ளை ஓப்பலின் விலை மிகுதியாகும்.

உலகில் கிடைக்கக்கூடிய ஓப்பலில் ஏறத்தாழ 90% ஆஸ்திரேலியா கண்டத்தில் கிடைக்கிறது. மேலும் பிரேசில், ஜப்பான், அமெரிக்கா, இந்தியா போன்ற நாடுகளிலும் ஓரளவு கிடைக்கிறது. மிகவும் செல்வம் செறிந்த மேலைநாட்டார் மாதத்திற்கு ஓர் இரத்தின மணியை அணிவர். அவ்வகையில் ஓப்பல், அக்டோபர் மாதத்தில் அணியக்கூடிய மணியாகும். ஓப்பல் மாலை 6 மணிக்கு அணிய வேண்டியதாகும்.

ரோமர்களின் காலம் முதற்கொண்டு 17 ஆம் நூற்றாண்டின் முற்பகுதி வரை, ஓப்பல் இரத்தின வகைக் கற்களிலேயே உயர்ந்த இடத்தைப் பெற்று இருந்தது. ஆனால் பதினெட்டு, பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டுகளில் இக்கல் தன் உயர்நிலையை இழந்ததற்குக் காரணம் மக்களிடையே ஓப்பல் ஒவ்வாதது என்ற கருத்து காணப்பட்டதேயாகும்.

நவரத்தினக் கற்களுக்கு மருத்துவப்பண்பு உண்டு என்னும் நம்பிக்கையின்படி ஓப்பல் கண்வலியை நீக்கக்கூடியது என மக்களுள் சிலர் கருதுவர். டாங்ஸ்டன் என்னும் 900 காரட் ஓப்பல், லண்டனில் உள்ளது. இதுவே உலகிலுள்ள பெரும் ஓப்பல் கல்லாகும். சிலிக்கா வகை நவரத்தினக் கற்களில் ஒன்றான ஓப்பல் கற்களில் காணப்படும் பல வண்ண வீச்சுப் (play of colours) பண்பே ஓப்பலின் தனிச் சிறப்பாகும். அனைத்து வகை ஓப்பல் கற்களிலுமே இவ்வண்ண வீச்சு இருக்காது.

இரத்தின வகை ஓப்பல். பல வகையான ஓப்பல் மணிகளில், விலை மதிப்புள்ள நான்கு வகை ஓப்பல் கற்கள் நகைகள் செய்யப் பயன்படுகின்றன. வெள்ளை ஓப்பல், வெள்ளை நிறத்துடன் கூடிய அழகிய பல வண்ண வீச்சு உடையது. பிற ஓப்பல் கற்களைவிட இதன் விலை மிகுதியாகும். கறுப்பு ஓப்பல், கரும் பச்சை கரு நீல வண்ணத்தைக் கொண்டது. இதில் பல வண்ண வீச்சுக் காணப்படுவது வியப்பாகும். நெருப்பு ஓப்பல், நல்ல ஆரஞ்சு சிவப்பு நிறத்தில் இருக்கும். இதன் ஒளிப்பண்பு ஒளி ஊடுருவும் தன்மையிலிருந்து ஒளி ஊடுருவாத் தன்மை வரை இருக்கும். ஒரு சில கற்களில் மட்டுமே பல வண்ண வீச்சுத் தென்படும். நீர் ஓப்பல், நீரைப் போன்று நிறமற்றதாக ஒளி ஊடுருவும் தன்மை கொண்டதாக இருக்கும். அழகான வண்ணக் கற்றைகள் இந்நிறமற்ற கல்லின் மூலம் வெளிப்படும்.

வேதி இயற்பியல் பண்பு. ஓப்பல் பிற சிலிக்கா கனிமங்களைப்போல் படிக அமைப்பின்றி இருப்பதால், இதைக் கடின ஜெல் (hardened jelly) அல்லது அரைத் திண்மக் கரைசல் (gel) என்பர். $SiO_2 n H_2O$ என்பது ஓப்பலின் மூலக்கூறு வாய்பாடாகும். ஓப்பலில் நீரின் அளவு 1-21% வரை இருக்கும். இரத்தின வகை ஓப்பலில் 6-10% வரை நீர் காணப்படும். பிற இரத்தினக் கற்களைப்போல ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவத்தில் படிகமாகாமல், பாறைகளில் காணப்படும் முடிச்சுப் போன்ற இடங்களையும்,

பாறை விரிசல்களையும் பயன்படுத்திக் கொண்டு அந்தந்த இடத்தின் அமைப்பிற்கேற்பப் பொங்கூசிப் பாறை வடிவமாகவோ (stalagmite), குமிழ் குவை வடிவமாகவோ (boityoidel) ஓப்பல் கிடைக்கிறது. இதன் கடினத் தன்மை 5.5-6.3 வரை இருக்கும். ஒழுங்கற்ற அல்லது சங்கு முறிவு, ஓப்பலின் பிறிதோர் இயற்பியல் பண்பாகும்.

ஒளியியல் பண்பு ஓப்பலின் ஒளி விலகல் எண் (refractive index) 1.44-1.46 வரை இருப்பதால் இதைக் குறைந்த ஒளிவிலகல் எண் கனிமமாகப் பிரித்துள்ளனர். இதன் அடர்த்தி 1.98-2.20 வரை இருக்கும். வெள்ளை கறுப்பு ஓப்பலின் அடர்த்தி 2.10 ஆகவும், நெருப்பு ஓப்பலின், அடர்த்தி 2.00 ஆகவும் இருக்கும். நெருப்பு ஓப்பல், ஒளிநிறமாலை (spectrum) ஈர்ப்புப் பணியில் சிவப்பு, ஆரஞ்சு நிற வண்ணக் கதிர்களைத் தவிரப் பிற வண்ணக் கற்றை களை வடிக்கும். நீளமான அல்லது குறுகிய அலை யுள்ள புற ஊதாக் கதிர்கள், ஓப்பலில் படும்போது ஊதா வண்ணத்திலிருந்து நீல வண்ணம், கருஞ் சிவப்பு வண்ணத்திலிருந்து பச்சை வண்ணம் போன்ற பல வண்ண வீச்சுகள் காணப்படும். பொதுவாகக் கறுப்பு ஓப்பலில் செயலாற்றல் இருக்காது. சில சமயங்களில் யுரேனியம் கனிமங்கள் ஓப்பலில் சிறி தளவு இருக்கும்போது தன்னொளிர்வு (fluorescence) உள்ளதாகக் காணப்படும்.

இவ்வகை யுரேனிய ஓப்பல்கள் அமெரிக்காவில் மிகுதியாகக் கிடைக்கின்றன. சிலியாவில் கிடைக்கும் பச்சை ஓப்பல் (நிக்கல் சிறிதளவு கொண்ட ஓப்பல்) ஒளிப்பண்பில் செயலற்றதாகும். ஒளி ஊடுருவிச் செல்லும் பாதையில் ஓப்பலைக் காணும்போது பன்னிறம் காட்டும் பண்பின்மையைக் காணலாம். ஆனால், ஒளிமேல் வந்து விழுந்து அழுத்தும்போது மட்டுமே ஓப்பலில் அழகான வண்ணக் கற்றை வெளிப்படுகின்றது. ஏனெனில், ஓப்பலில் காணப் படும் வேறு பட்ட ஒளிவிலக்கப் பண்பு கொண்ட மெல்லிய தகடுபோன்ற அமைப்பில் ஒளி விலகல் ஏற் படுவதால் வண்ணக் கற்றைகள் வெளிப்படுகின்றன.

செயற்கை ஓப்பல். 1964இல் ஜெர்மானிய, ஆஸ்திரேலிய அறிவியலாளர்கள் மின்னணு நுண் தொலை நோக்கி கொண்டு ஓப்பலை ஆராய்ந்த போது, சிலிக்கா அணுவின் ஒழுங்கான அமைப்பை யும், அதற்கிடையேயுள்ள இடைவெளிப் பகுதிகளை யும் கருத்துடன் கணித்தனர். இந்த அமைப்பு முப்பரிமாணக் (3D) காட்சித் திறமுடைய அணிக் கோவையாக (lattice) இருப்பதைக் கண்டனர், சிலிக்கா நுண் உருளைகளுக்கிடையே உள்ள இடை வெளியே, ஒளி எதிர்பலிப்பை அளிக்கிறது என்பதை உணர்ந்து செயற்கை ஓப்பலைச் செய்ய முனைந் தனர். 1973இல் பியர் கில்சன் என்னும் ஜெர்மன் நாட்டறிஞர் இதில் வெற்றிகண்டார். ஜான் சுலோகம் என்னும் அமெரிக்க அறிஞர், 1976இல் சிறப்பான ஒருவகைக் கண்ணாடிப் பொருளால் அழகான செயற்கை ஓப்பலைத் தயாரித்தார்.

கில்சன் தயாரித்த செயற்கை ஓப்பல் 2.05 அடர்த்தி கொண்டதாகவும் 4.5-5.5 வரை கடினத் தன்மை கொண்டதாகவும் இருந்தது. சுலோகம் தயாரித்த செயற்கை ஓப்பல் 2.4 அடர்த்தியும், 1.52 ஒளிவிலகல் எண்ணும் பெற்றிருந்தது. சுலோகம் கண்டுபிடித்த இக்கல் சுலோகம் கல் என உலகச் சந்தைகளில் குறிப்பிடப்படுகிறது. இச்செயற்கைக்கல் கால்சியம், மெக்னீசியம், பொட்டாசியம், அலுமினியம், சிலிக்கேட்டிலான கண்ணாடி ஆகிய வற்றால் உருவாக்கப்படுகிறது. சுலோகம் செயற்கை ஓப்பல் மிகவும் கடினமாகவும், எளிதில் விரிசல் ஏற் படாததாகவும் எளிதில் மெருகேறும் பண்பு கொண்டதாகவும். இயற்கையில் ஓப்பல் ஒளிரும் வண்ண ஒளி வீச்சுக்குச் சமமான பல வண்ண ஒளி வீச்சுக் கொண்டதாகவும் உள்ளமையால் உலகச் சந்தையில் சுலோகம் கற்கள் விலை மிகுந்துள்ளன.

நவரத்தின மதிப்பில்லாத பிற ஓப்பல். பச்சை ஓப்பலில் சிறிதளவு நிக்கல் இருப்பதால் இதன் நிறம் பச்சையாகத் தென்படுகிறது; மர ஓப்பல்-கால மாறுபாட்டால் கல்லாக மாறும் போது மர ஓப்பல் உண்டாகிறது. இது மஞ்சள் நிறத் தில் கறுப்புக் கோடுகள் கொண்டதாக இருக்கும். வாஸ்கூ நாட்டில் நெவேலோ என்ற இடத்தில் மிகுதி யாகக் காணப்படுகிறது; சிப்பி ஓப்பல்- சில சமயங் களில் காலமாறுபாட்டால் முந்தைய ஊழ் சிப்பிகள் (பெலோ மனைட்ஸ், கடல் சிப்பிகள், ஆற்றுச் சிப்பி கள்) கடினப்பட்டுக் கல்லாக மாறிச் சிப்பி ஓப்பலாக மாறுகிறது. இவ்வகை ஓப்பல் ஜிப்சம், கால்சைட் ஆகியவற்றின் மாற்றுப் போலி உருவமாகக் கிடைக் கிறது.

ஹையலைம்-ஓப்பல் நிறமற்றது. ஒளியூடுருவுந் தன்மையுள்ள கண்ணாடியை ஒத்து இவ்வகை ஓப்பல் காணப்படுகிறது; பால் ஓப்பல்-பாலைப் போன்ற நிறமுடையது; கேகோலாங் - துளையுள்ளதாகவும், பீங்கான் போன்ற மேற்பரப்பைக் கொண்டதாகவும் காணப்படுகிறது. ஹைட்ரோபேன்-இது வெளிர் நிற முடைய ஓப்பல் ஆகும். நீரில் மூழ்கி இருக்கும்போது ஒளி ஊடுருவுந் தன்மை கொண்டதாகவும், வெளியே ஒளி ஊடுருவாத்தன்மை கொண்டதாகவும் காணப் படுகிறது; மெனிலைட் - இது பச்சை அல்லது கருஞ் சிவப்பு நிறம் கொண்ட முடிச்சுப் போன்ற அமைப் புடைய ஓப்பல்; டபாசீர்-இது மூங்கில் முட்டுகள் போன்ற அமைப்பைக் கொண்ட ஓப்பல்; ஜாஸ்பர் ஓப்பல் - இது சிவப்பு அல்லது கருஞ்சிவப்பு நிறம் கொண்டது. மணி வகையுடன் தொடர்பு கொண் டது; ஊதா ஓப்பல் மெக்சிகோவில் மிகுதியாகக் கிடைக்கிறது; நீல, பச்சை கிரைசோகொல்லா ஓப்பல்

தைவான் நாட்டில் பெரும்பான்மையாகக் கிடைக்கிறது. மேலும் செர்ரி சிவப்பு ஒப்பல், இளஞ்சிவப்பு ஒப்பல், மஞ்சள் ஒப்பல் போன்ற பிற ஒப்பல் வகைகளும் உள்ளன.

உலகில் ஒப்பல் காணப்படும் இடங்கள். முதன் முதலில் மின்கேயா என்னும் ஜெர்மானிய அறிஞர் 1849 இல் தென் ஆஸ்திரேலியாவிலுள்ள ஆன்கெஸ்டன் என்னும் இடத்தில் ஒப்பலைக் கண்டார். செக்கோஸ்லோவேக்கியா நாட்டில் செர்வெனிக்கா என்னும் இடத்தில் சாம்பல் நிற ஆண்டிசைட் பாறைக் குழம்பாலான பாறைகளில் கூடுகள் போன்ற அமைப்பில் உலகிலேயே மிகுதியான ஒப்பல் கிடைக்கிறது.

மெக்ஸிகோ நாட்டில் க்யூரிடோரோ, கிடால்கோ, க்யரிரோ, மிச்சோகன், ஜாலிஸ்கோ போன்ற இடங்களில் சிலிக்கா செறிந்துள்ள குழம்புப் பாறைகளில் நெருப்பு ஒப்பல் மிகுதியாகக் கிடைக்கிறது. ஆஸ்திரேலியாவில் குவீன்ஸ்லாந்து என்னும் இடத்தில் மணற்பாறை ஒப்பல் பெரும்பான்மையாகக் கிடைக்கிறது. நியூசௌத்வேல்சில், ஒயிட்கிளிப்ஸ் என்னும் இடத்தில் உதிரியாக ஒப்பல்கள் பெருமளவில் கிடைகின்றன.

வடக்கு வேல்சில் உள்ள வாலன்குலா என்னும் இடத்திலும் குவீன்ஸ்லாந்தில் உள்ள ஹேரிக்ஸ் என்னும் இடத்திலும், வடகிழக்கு வேல்சில் உள்ள லைட்னிங் ரிட்ஜ் என்னும் இடத்திலும் இருக்கும் ஒப்பல் சுரங்கங்கள் உலகப் புகழ் வாய்ந்தவை. பிரேசில் நாட்டில் பியானி மாவட்டத்திலுள்ள ப்ராசைட் என்னும் இடத்திலும், ஜாப்லின் என்னும் இடத்திலும் ஒப்பல் பெருமளவில் எடுக்கப்படுகின்றது. போலந்து நாட்டில் கோஸ்முட்ஸ் என்னும் இடத்திலும் ஜாப்கோவைஸ் என்னும் இடத்திலும் பச்சை ஒப்பல் பெருமளவு கிடைக்கிறது. மெக்சிக்கோ நாட்டில் நுண்துளை ஒப்பல் ஜலிஸ்கோ என்னும் இடத்தில் கிடைக்கிறது. இந்தியாவில் இராஜஸ்தான் மாநிலத்தில் சில இடங்களிலும், தமிழ்நாட்டில் இராமநாதபுரம், திருநெல்வேலி, சேலம் மாவட்டங்களிலும் ஒப்பல் கிடைக்கிறது.

ஒப்பல் குவார்ட்ஸைவிடப் பெருமளவில் போரிக் அமிலத்தில் கரையும் திறன் கொண்டது. குறைந்த அளவு வெப்பநிலையில் படிகமாகிறது. அனைத்து வகைப் பாறைகளுடனும் ஒப்பல் கிடைக்கிறது. அனற் பாறைகளிலுள்ள பிளவுகளில் கடைநிலை வெப்பநிலையில் ஒப்பல் படிகமாகிறது. டயோட்டம், கடற்பாசி (sponges) முதலிய கடல் உயிரினங்களின் ஓடுகளையும் ஒப்பல் உருவாக்குகின்றது. விலை உயர்ந்த ஒப்பல், மாற்றப்பட்ட டிராக்கைட் பாறைகளில் கிடைக்கிறது. சாதாரண ஒப்பல் பல இடங்களில் பரவலாகக் கிடைக்கிறது

- விக்டர் ஜே. லவ்சன்

ஓப்பன்ஹைமர், ஜெ. ராபர்ட்

இவர் 1904 இல் நியூயார்க் நகரத்தில் பிறந்தார். இவர் தம் பட்டப்படிப்பை 1925 இல் ஹார்வர்டு பல்கலைக் கழகத்தில் முடித்தார். பின்னர் கேம்ப்ரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தில் அமைந்துள்ள காவண்டிஸ் ஆய்வகத்தில் அணுவைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கினார். 1927 இல் கோட்டின்ஜன் பல்கலைக் கழகத்தில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். பின்னர் அமெரிக்காவின் பெர்கிலியில் அமைந்துள்ள கலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்திலும், கலிபோர்னியா தொழில் நுட்பக் கழகத்திலும் இயற்பியல் பேராசிரியராகப் பணியாற்றினார்.

1943 இல் மன்கட்டன் திட்டத்தை (manhattan project) விரிவாக்கி ராணுவப்பயனுக்காக அணு ஆற்றலைப் பயன்படுத்த, அதன் இயக்குநராக அமர்த்தப்பட்டார். இவருடைய மேற்பார்வையின் கீழ், முதல் அணுகுண்டு ஆய்வு 1945 இல் அலாமோகோர்டோ என்னுமிடத்தில் நடத்தப்பட்டது. 1947 இல் பிரின்ஸ்டன் பல்கலைக் கழகத்திலுள்ள உயர் ஆய்வு மையத்தின் (Inst.tute of advanced study) தலைவராகவும் 1947-1952 இல் அணு ஆற்றல் குழுவின் பொது அறிவுரைச் செயற்குழுவின் தலைவராகவும் பணியாற்றினார். அணு ஆற்றல் குழுவின் என்ரிகோஃபெர்மி பரிசை 1963 இல் பெற்றார். இவர் 1967 இல் பிரின்ஸ்டன் நகரில் இயற்கை எய்தினார்.

-ஜா. சுதாகர்

ஓப்பியம்

பாபாவெர்சோம்னிபெரம் என்ற ஓப்பியம் செடியின் பழுக்காத விதையிலிருந்து பெறப்படுவது ஓப்பியத்தின் ஒரு வகையான மார்ஃபீனாகும். ஓப்பியம் அல்கலாய்டுகள் இரண்டு வகைப்படும். அவற்றுள் பினாந்திரீன் வகையில் மார்ஃபீன், கோடீன், தையோபின் ஆகியவை அடங்கும்.

நல்ல வகையான ஓப்பியத்தில் 9-14% மார்ஃபீன் காணப்படுகிறது, பென்சைல் ஐசோ குவினோலின் வகையில் பாபவரைனும், நாஸ்கபினும் அடங்கும். பாவரைன், மெல்லிய மற்றும் இதயத்தசைகளின் மீது வினை புரிகிறது. நாஸ்கபின் இருமல் எதிர் மருந்தாகப் பயன்படுகிறது. பினாந்திரின் வகையைச் சார்ந்தவையில் மார்ஃபினும், கோடீனும் வலி நீக்கப் பயன்படுகின்றன. தியோபின் நரம்பு மண்டலத் தூண்டியாகப் பயன்படுகிறது.

வலி நீக்கியாகவும் உறக்கமூட்டியாகவும் பயன்படும் ஓப்பியம், மூளையின் மீது நேரடியாக வினை

ஒப்பியம்

புரிகிறது. அகவழி உருவாகும் பொருளான எண்டார்பின் ஒப்பியத்தின் வினைபுரிதலுக்குக் காரணமாக இருக்கிறது. உறக்கமூட்டிகள், அகவழி எண்டார்பின் ஏற்பிகளைத் தூண்டி, வலிநீக்கு உணர்வை உண்டாக்குகின்றன.

மார்ஃபின், வலி உணர்வில் வினை புரிந்தாலும் பார்வை, கேட்டல், தொடு உணர்வு ஆகியவற்றைப் பாதிப்பதில்லை. பொரும்பாலான மக்களிடம் அமைதியூட்டி, உறக்கத்தை உண்டாக்கிய போதும், சிலரிடம் கிளர்ச்சியுணர்வு உண்டாகிறது. சிலருக்குக் குமட்டல் உண்டாகிறது. இருமல் எதிர் மருந்தாகவும் பயன்படுகிறது. சிறுநீர் பிரிவது குறைகிறது, இரத்தத்தில் குளுகோசின் அளவு ஓரளவு உயர்கிறது. கண்பாவை சுருங்குகிறது. மூன்றாம் தலை நரம்பான கண் தசை இயக்க நரம்பின் எடிங்கர்வெஸ்ட்பாலின் உட்கரு பாதிப்பால் கண்பாவை சுருங்குகிறது. அட்ரபின் மருந்து கொண்டு இதைச் சீர் செய்யலாம்.

பான்சு, முகுளத்திலுள்ள மூச்சு விடு மையங்கள் தாக்கமடைவதால் மூச்சு விடுவது பாதிக்கப்படுகிறது. இரைப்பை. சிறுகுடல், பெருங்குடல் ஆகியவற்றில் மெல்லிய தசையிழையின் திட்பம் பெருகுவதால், குடல் அசைவுகள் குறைந்து, இரைப்பையிலுள்ளவை சிறுகுடலினுள் செல்ல நேரமாகின்றது; மலச்சிக்கலும் உண்டாகிறது. ஒப்பிய அல்கலாய்டுகள் (மார்ஃபீன், கோடீன்) பெரும்பாலும் வலி நீக்கவே பயன்படுகின்றன. சில வேளைகளில் போக்கை நிறுத்தவும் ஒப்பியம் பயன்படுகிறது.

ஒப்பியத்தின் தீய விளைவு. மூச்சு விடலில் கடினம், குமட்டல், வாந்தி, கிறுகிறுப்பு, மனக்குழப்பம், மலச்சிக்கல், தோல் பொரிவுகள் உண்டாகின்றன. கண் பாவை சுருங்கி விடுவது, மயக்க நிலை, கடின மூச்சு ஆகியவை நச்சு விளைவின் மிக முக்கிய மூன்று அறிகுறிகளாகும். நச்சு விளைவுகளை அகற்ற, முதலில் இரைப்பையினுள் குழல் செருகி, அங்குள்ளவற்றை அகற்ற வேண்டும். இதற்கு 1:10,000 பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனட்டைப் பயன்படுத்தலாம். முதலில் நாலக்சோன், 0.4 மி.கி. பின்னர் நான்கு நிமிடங்கள் கழித்து 0.8 மி.கி. சிரை வழியாகவும் கொடுக்கப்பட வேண்டும். தேவையிருந்தால் நாலக்சோனை மீண்டும் மீண்டும் கொடுக்க வேண்டும். மார்ஃபீன் 8,10,15,30 மி.கி. அலகிலும் கோடீன் 15,30,60 மி.கி. அலகிலும் கிடைக்கின்றன.

- அ. கதிரேசன்

ஓபர்த் ஹெர்மேன் ஜூலியஸ்

இவர் தற்கால விண்வெளி இயலை உருவாக்கிய அறிஞருள் ஒருவர். ஜெர்மனி நாட்டு அறிஞரான ஓபர்த் ஹெர்மேன் ஜூலியஸ் 1894 ஆம் ஆண்டு ஆஸ்திரியா ஹங்கேரியைச் சேர்ந்த நாகிஸ்செபன் எனும் இடத்தில் பிறந்தார்.

பெயர்பெற்ற உயிரியங்கியல் அறிஞரின் மகனான இவர் மூனிச்சில் மருத்துவம் பயின்றார். முதல்

படம்

உலகப்போரில் ஆஸ்திரிய-ஹங்கேரியப் படையில் சேர்ந்ததால் இவர் கல்வி தடைப்பட்டது. படையில் காயமடைந்த இவர் ஓய்வு நேரத்தில் விண்வெளி இயலைப் படிக்கத் தொடங்கினார். எடையின்மையை ஒப்புருவாக்கும் பல ஆய்வுகளை உருவாக்கினார். நீர்ம உந்து எரிபொருளால் நெடுந்தொலைவு செல்லும் ஓர் ஏவூர்தியை (rocket) வடிவமைத்தார். இதை இவரின் ஆணை அலுவலர் (commanding) போர் அமைச்சகத்துக்கு அனுப்பினார். இவ்வடிவமைப்பு மிகு கற்பனை என்பதால் ஏற்கப்படவில்லை.

போர் முடிந்ததும் ஹைடெல்பர்க் பல்கலைக் கழகத்தில் ஓபர்த் தம் ஏவூர்தி வடிவமைப்புக்கான முனைவர் பட்டத்துக்கு விண்ணப்பித்தார். 1922இல் இது பல்கலைக் கழகத்தால் புறக்கணிக்கப்பட்டது. எனினும் இவர் கோளிடை விண்வெளிப் பயணத்துக் கான ஏவூர்தி (rocket interplanetary space) என்னும் புகழ்பெற்ற நூலைத் தம் செலவில் வெளியிட்டார். இந்நூலில் ஓபர்த் புவி ஈர்ப்பிலிருந்து தப்பும் வேகத்தை ஏவூர்தி அடையும் முறையைக் கணித இயலாக விளக்கியிருந்தார்.

அமெரிக்கரான இராபெர்ட் கோத்தார்டின் என்பாரையும், ரஷ்யரான காண்டாண்டின் சாயில் கோவ்சுகி என்பாரையும் தொடர்புகொண்டு விண் வெளிப் பறப்பில் அவர்களின் பணியின் முதன்மையை (precendence) ஒப்புக்கொண்டார். 1929இல் வெளி யான விண்வெளியில் பறத்தலுக்கான வழிமுறைகள் என்னும் இவர் நூலுக்கு இராபர்ட் ஏசுநால்ட்டு பெல்டரி ஆந்திரே ஹிர்ஸ் பரிசான 10,000 ஃபிராங்கு (francs) கிடைத்தது. இதைக்கொண்டு இவர் நீர்ம உந்து எரிபொருள் ஏவூர்தி ஆய்வைத் தொடர்ந்தார். இந்நூல் முப்பதாண்டுக்கால மின்செலுத்த முறையை யும் மின்னணுச் செலுத்த முறையையும் முன் கணித்தது. 1931இல் ருமேனியப் பதிவுரிமகத்தி லிருந்து தம் நீர்ம உந்து எரிபொருள் ஏவூர்திக்கான பதிவுரிமம் பெற்றார். 1931 இல் பெர்லினில் முதல் ஏவூர்தி விண்ணிற் செலுத்தப்பட்டது.

1938 இல் ஓபர்த் வியன்னா தொழில்நுட்பப் பல்கலைக் கழகத்தில் சேர்ந்தார். 1940 இல் ஜெர்மன் நாட்டுக் குடிமகன் ஆனார். பின்னர் 1941 இல் பீன்முந்தேயில் உள்ள ஜெர்மன் ஏவூர்தி வளர்ச்சி மையத்துக்கு (German rocket development centre) மாற்றப்பட்டார். இங்கு இவரின் முன்னாள் உதவி யாளரான வெர்னர் வான் பிரானுடன் பணி புரிந் தார்.

1943 இல் இவர் திண்ம உந்து எரிபொருள் கொண்டு இயங்கும் வானூர்தி எதிர்ப்பு ஏவுகணை களை வடிவமைக்க வேறோர் இடத்துக்கு மாற்றப் பட்டார். இரண்டாம் உலகப்போர் முடிந்ததும் இவர் சுவிட்சர்லாந்தில் ஓராண்டு பணிபுரிந்து 1950 இல் இத்தாலிக்குச் சென்றார். இங்கு இவர் இத் தாலிய வான்படைக்கான திண்ம உந்து எரிபொருள் ஏவூர்தியை வடிவமைத்துத் தந்தார். 1955 ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகு அமெரிக்காவில் விண்வெளி இயலில் உயர் ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்தி, 1958 இல் ஜெர்மனியில் ஓய்வு பெற்றார்.

1962 வரை இவர் நியூரென்பர்க்கிற்கு அருகில் உள்ள ஃபென்சட் (Fencht) நகரத்தில் தம் ஓய்வுக் காலத்திலும் கோட்பாட்டியலான படிப்பைத் (theoretical studies) தொடர்ந்தார். 1959 இல் இவர் பொருளும் வாழ்வும் என்னும் நூலை வெளியிட்டார். இதில் இவர் பொதுவுடைமையின் அடிப்படையான பொருள் முதல் வாதத்தை (materialism) எதிர்த்து, மனிதவாழ்வையும் ஆன்மாவையும் பொருளாதார முறையில் விளக்குவது அரிதென வாதிட்டுள்ளார்.

- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

ஓம் (அலகு)

மின்னியலிலும் மின்துகளியலிலும் மின்னோட்டத்தை வேண்டிய அளவிற்குக் கட்டுப்படுத்தலாம். இதற்கு மின் சுற்றுகளில் மின் தடையைப் பயன்படுத்துவர். இம் மின் தடை, மின்னோட்டத்தில் எலெக்ட்ரானின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தி மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. மின் தடையை அறிமுகப்படுத் தியவர் ஓம் என்னும் அறிவியலார் ஆவார். இவர் மின்னியல் துறைக்கு மிக இன்றியமையாத விதிகளில் ஒன்றான ஓம் விதியைத் தந்துள்ளார். ஓம் விதி கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோதே மின்தடை பற்றி அறியப்பட்டது. தடையை அளவிட உதவும் அலகு ஓம் (ohm) ஆகும்.

பொதுவாகக் குறிப்பிட்ட உலோகங்கள், அமிலங் கள், உப்புக் கரைசல்கள் முதலியன மின்சாரத்தை நன்கு கடத்துபவையாகும். இவற்றில் தன்னிச்சை யாக இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் (free elecrr ns) பெருமளவில் காணப்படும். மின் கடத்திகளில் மின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும்போது வரையறுக்கப்பட்ட வழியில் எலெக்ட்ரான்கள் நகரும். இந்நகர்வை மின் தடை கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம். இவ்வாறு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த உதவும் தடையை மேற்கூறியவாறு ஓம் என்னும் அலகைக் கொண்டு அளவிடலாம். நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட ஒரு மின் சுற்றில், தேவைப்படும் மின்னோட்டத்தைப் பெற ஓம் விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒரு மின் சுற்றில் $R = \frac{V}{I}$ என்பது ஓம் விதி.

அதாவது V என்பது மின் சுற்றுக்குள் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம். இம்மின்னத்தழுத்தம், வோல்ட்

அலகால் குறிக்கப்படும். I என்பது மின்னழுத்தம். V-க்கு ஏற்ப மின் சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஆம்பியர் அலகால் அளவிடப்படும். மேற்கூறிய ஓம் விதியில் மின்னழுத்தம் V வோல்ட்டாக இருக்கும்போதும், மின்னோட்டம் I ஆம்பியராக இருக்கும்போதும் R என்பது ஓம் ஆக இருக்கும். இதிலிருந்து ஓமைப் பின்வருமாறு வரையறுக் கலாம்.

ஒரு மின் கடத்தியின் தடை ஓர் ஓம் என்பது அக்கடத்திக்கு, ஓர் வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கும்போது ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதாகும்,

$$\text{ஓர் ஓம்} = \frac{\text{ஓர் வோல்ட்}}{\text{ஓர் ஆம்பியர்}} \text{ ஆகும்.}$$

ஓமை Ω என்னும் கிரேக்க எழுத்தால் குறிப்பிடு வர். எடுத்துக்காட்டாக 10 Ω, 100Ω என்பவை 10 ஓம், 100 ஓம் என்பவற்றைக் குறிக்கும். மின் சுற்றின் தடை மிகுதியாக இருக்கும்போது அதை KΩ (kilo ohm), MΩ (mega ohm) என்று குறிப்பிடுவர். K என்பது கிலோ அதாவது 10^3- ஐயும், M என்பது மெகா அதாவது 10^6-ஐயும் குறிக்கும். இதேபோல, குறைந்த மின் தடையை mΩ (milli ohm), μΩ (micro ohm) என்று குறிப்பிடுவர். m என்பது மில்லி அதாவது 10^{-3} -ஐயும் μ என்பது மைக்ரோ அதாவது 10^{-6} ஐயும் குறிக்கும்.

ஓமைக் கொண்டு அளவிடப்படும் மின் தடைக்குச் சில விதிகள் உள்ளன. அவை இவ் விதிகள் யாவும் ஆய்வு மூலம் சரி பார்க்கப்பட்டவையாகும். அவை ஒரு மின் கடத்தியின் தடை, கடத்தியின் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புக்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலும் (inversely proportional) இருக்கும்; கடத்தி செய்யப்பட்ட உலோகத்தைப் பொறுத்து இருக்கும்; கடத்தியின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கும் என்பனவாகும்.

அதாவது கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில், உலோகக் கடத்தியின் நீளம் Lமீ என்றும் அதன் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A மீ^2 என்றும் கொண்டால், கடத்தியின் தடை R கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

$$R \propto L/A$$

$$\text{அதாவது } R = \rho \frac{L}{A} \qquad (1)$$

இங்கு ρ என்பது மாறிலி; இது கடத்தியின் உலோகத்தன்மையைப் பொறுத்திருக்கும். இதற்குத் தடை எண் (specific resistance) என்று பெயர். இத்தடையைக் கீழ்க்காணுமாறு விளக்கலாம். மேற் கூறிய (1) என்னும் சமன்பாட்டில் L=1, A=1 என மதிப்பிட ρ=R ஆகும்.

அதாவது தடை எண் என்பது ஒரு கடத்தியின் நீளமும், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் ஓரலகாக இருக்கும்போது உள்ள அதன் தடையாகும். தடை எண் ρ-ஐ ஓம் - மீட்டர் என்னும் அளவையால் அளக்கலாம்.

மின் தடை வெப்பநிலை உயர உயர மிகும். மேற்கூறிய கருத்துகளை எளிய முறையில் தெரிந்து கொள்ளக் கீழ்க்காணும் எடுத்துக்காட்டுகளைக் காணலாம்.

ஒரு மின் கடத்திக்கு 20 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கும்போது அக்கடத்தியில் 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. ஆகவே அம் மின் கடத்தியின் தடை ஓம் விதிப்படி

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4 \text{ ஓம்}$$

200 மீ நீளமுள்ள ஒரு செம்புக்கம்பியின் தடை 21ஓம் கம்பியின் விட்டம் (d) 0.44 மி.மீ. இக்கம்பியின்

$$\text{மின் தடை } \rho = \frac{AR}{L} \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{இதில் } A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.1526 \times 10^{-6} \text{ ச.மீ.}$$

$$\text{பிறகு } \rho = 1.6 \times 10^{-8} \text{ ஓம். மீ. ஆகும்.}$$

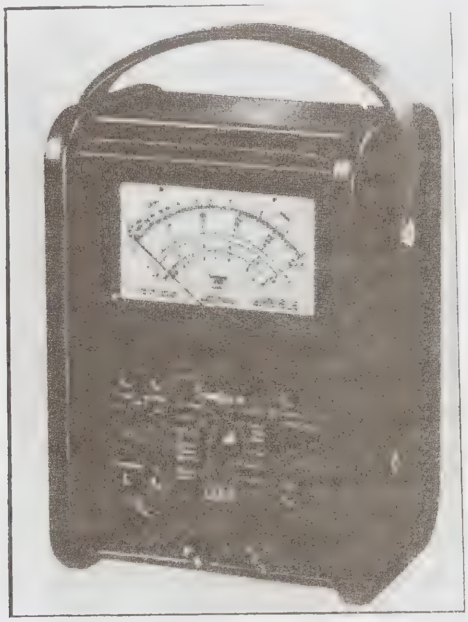
ஆகவே மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த மின் தடையைப் பயன்படுத்தலாம். எந்த அளவுக்குக் கட்டுப்படுத்த வேண்டும் என்பதை ஓம் விதியால் அறியலாம். குறிப்பிட்ட தடையை அதன் நீளம், குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு முதலியவற்றைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

அனைத்துலக ஓம் என்பது 1893 இல் அனைத் துலக மின் கருத்தரங்கில் வரையறுக்கப்பட்ட நடை முறை அலகாகும். இது ஏறத்தாழ 1 ச.மி.மீ. சீரான விட்டமுள்ள நுண்குழலால் தாங்கப்படும் 14.4521 கிராம் எடையுள்ள 106.3 செ. மீ உயரப் பாதரசத்தூண் 0°C இல் நிலையான மின்னோட்டத் துக்குத் தரும் மின்தடை ஆகும். 1 தனிநிலை ஓம்= 0.999505 அனைத்துலக ஓம்; 1 மைக்ரோ ஓம் = 0.000001 அல்லது (10^{-6}) ஓம்; 1 மெகா ஓம்= 10^6 ஓம் ஆகும்.

-ஏ. கிருஷ்ணன்

ஓம் அளவி

ஓம், மெகா ஓம் அலகுகளால் அளவீடு செய்யப்பட்ட (graduated) மின்தடையை அளக்கும் கருவி, பொதுவாக ஓம் அளவி (ohm meter) எனப்படும். உயர் தடையை அளக்கும் கருவிகள் மெகா ஓம் அளவி அல்லது மெக்கர் எனப்படும். இது ஓம்விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டு இயங்குகிறது. இதில் தடை குறைந்த ஒரு சுருளும் (coil) தடை மிகுந்த ஒரு சுருளும் செங்கோணத்தில் அமைந்திருக்கும்.



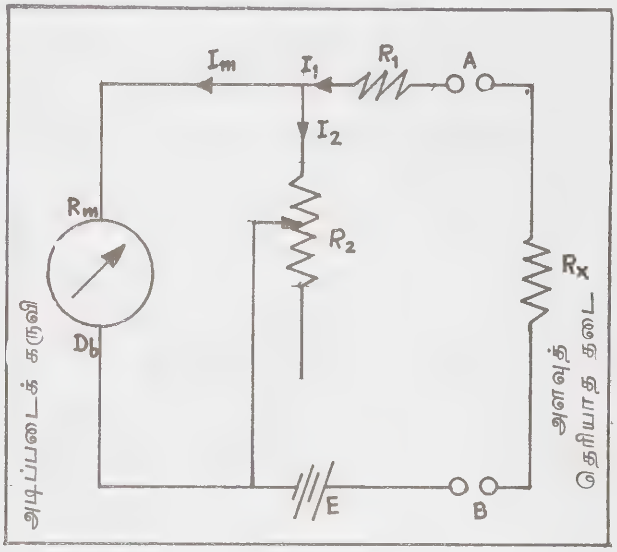
படம் *1* ஓம் அளவி

ஒரு பகுதியின் தடையை (R) அளக்க அப்பகுதியை முதற்சுருளுடன் தொடர் நிலையிலும், இரண்டாம் சுருளுடன் இணை நிலையிலும் இணைக்க வேண்டும். இப்போது அவற்றில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த முதல் சுருளில் தோன்றும் காந்தப்புலம் மின்னோட்டம் i-க்கு நேர்விகிதத்திலும், இரண்டாம் சுருளில் தோன்றும் காந்தப்புலம் H_2, மின்னிலை வேறுபாடு (potential difference) V-க்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கும். ஆகையால் இவ்விரு சுருள்களின் இடையிலுள்ள ஒரு காந்த ஊசியின் (magnetic needle) திசைமாற்றம் θ எனில் $\text{Tan}\ \theta = \frac{H_2}{H_1} \propto \frac{V}{i} \propto R$. ஆகையால் முள்ளின் திசைமாற்றத்தை அறிந்து தடையைக் கணக்கிடலாம். இக்கருவிக்குத் தேவையான மின்னோட்டம் மின்கலங்களாலோ, ஒரு சிறு மின்னாக்கியாலோ பெறப்படும். மின்காப்புகளின் (insulators) தடையை அளக்க இக்கருவி பெரிதும் பயன்படுகிறது.

படம் *1*இல் காட்டப்பட்ட ஓம் அளவியின் இணைக்கப்பட்ட தடை அளவை இத்தனை ஓம் என நேரடியாக ஓம் அளவியின் முகப்புக் காட்டும். இதைப் பயன்படுத்தி *3, 000* ஓம் வரையுள்ள தடைகளை நுட்பமாகவும் எளிதாகவும் கணக்கிடலாம்

ஓம் அளவியைப் பொதுவாகத் தொடர்நிலை அமைப்பு (series connected) பக்க இணைப்பு (shunt connected) என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

தொடர் நிலை அமைப்பு வகை. தொடர்நிலை அமைப்பு ஓம் அளவியின் மின் சுற்று அமைப்பு, படம் *2* இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

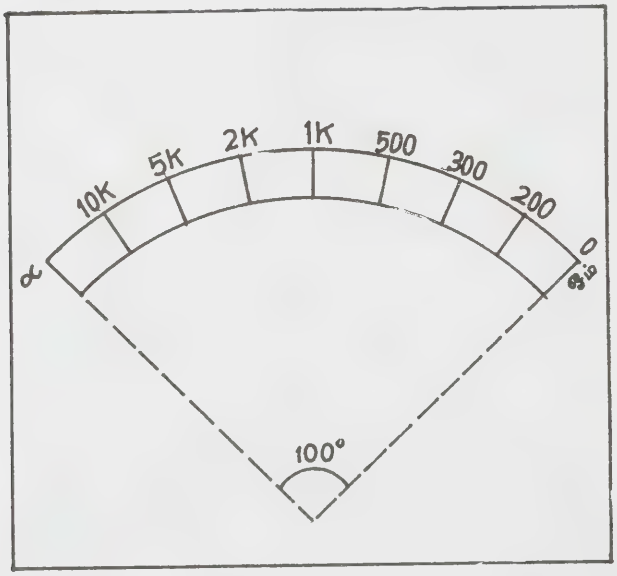


படம் 2.

இந்த அமைப்பில் 'டி அர்சனால்' அடிப்படை அளவி D_b, R_2 என்னும் மின் தடையத்திற்கு இணையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த இணை அமைப்பிற்குத் தொடராக R_1 என்னும் மின் தடையமும், E என்னும் மின்கலமும் படத்தில் காட்டியவாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும் (படம் 2 இல் A,B என்ற இரு முனைகளும் மின் தடையை அளவிடும் மின் சுற்றைப் பொருத்தி அதன் மின் தடை அளவை அளவிட, உதவும்). படத்தில் R_1 என்பது மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த உதவும் மின் தடையம் ஆகும். R_2 என்பது அளவியைப் பூஜ்ஜியத்திற்குச் சரிசெய்ய உதவும் மாற்றக்கூடிய மின்தடையம் ஆகும். E_1 என்பது மின்கலத்தின் மின்னழுத்தமாகும். R_m என்பது டி அர்சனால் அளவியின் உள் மின் தடையாகும். R_x என்பது அளவிட எடுத்துக்கொண்ட மின் தடையமாகும்.

$R_x = 0$ என்று இருக்கும்போது A,B முனைகள் ஒன்றாகச் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இது குறுக்கு மின்

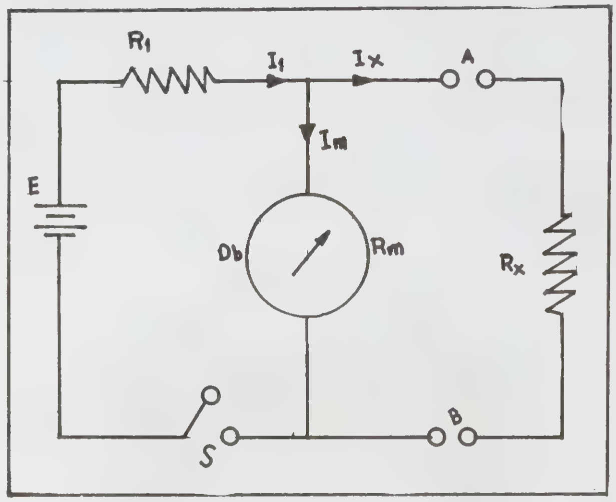
சுற்று (short circuit) எனப்படும். இந்நிலையில் மின் தடையம் R_1 ஐச் சரிசெய்து அடிப்படை அளவியில் உள்ள முள்முனை முழு அளவைக் காட்டுமாறு (full scale) செய்ய வேண்டும். இம்மின்னோட்டத்தை I_{fs} எனக் கொள்ளலாம். அளவியின் அளவையில் இம் முழு அளவை 0 ஓம் எனக் குறிக்கவேண்டும். பின்னர் R_xஐ நீக்க வேண்டும். ($R_x = \infty$). A,B திறந்திருக்கும் இந்நிலைக்குத் திறந்த மின் இணைப்பு (open circuit) என்று பெயர். இப்போது அளவி 0 ஐக் காட்டும். இப்போது முள்முனை காட்டும் அளவை ∞ எனக் குறிக்கலாம். அதாவது இந்த அமைப்பு 0 மின் ஓட்டத்தில் மிகுதியான (infinite) தடையையும், I_{fs} மின் ஓட்டத்தில் 0 தடையையும் காட்டும். இடைப்பட்ட தடையை அளவிட, தெரிந்த பல மின்தடைகளை R_x க்குப் பதிலாகப் பொருத்தி அடிப்படை அளவியின் அளவையில் ஓட்டத்தை அளவிட்டுக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்த அளவுகள் குறிக்கப்பட்ட ஓம் அளவியின் அமைப்பைப் படத்தில் காணலாம்.



படம் 3

படம் 3 இல் K என்பது 1000 ஓமைக் குறிக்கும். அளக்கப்படும் தடையத்தின் தடை பூஜ்ஜியமாக இருக்கும்போது மீட்டரின் அளவை 0 வைக் காட்டும். தடையத்தின் தடை மிகுதியாக இருக்கும்போது முள் ∞ வைக் காட்டும். இடைப்பட்ட அளவை 0 க்கும் ∞ க்கும் இடையில் குறிக்கப்பட்ட அளவைக் கொண்டு அறியலாம்.

பக்க இணைப்பு வகை. இவ் வகை ஓம் அளவியின் சுற்றுப்படத்தைக் கீழே காணலாம். படம் 4 இல் E என்பது மின்கலம்; R_1 என்பது மாற்றக்கூடிய மின் தடையம் D_b என்பது டி அர்சனால் அடிப்படை அளவி, S என்பது சேர்க்கும் பிரிக்கும் - இணைப்பு மாற்றி (switch), R_x என்பது அளவிட எடுத்துக் கொண்ட மின்தடையம், R_m என்பது உள் மின் தடையம்.



படம் 4.

இந்த ஓம் அளவியின் மின்சுற்றில் மின்கலமும், மாற்றக்கூடிய மின்தடையும் அடிப்படை டிஅர்சனால் அளவியும் தொடர்நிலையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அளவிட எடுத்துக்கொண்ட தடையத்தை அடிப் படை அளவிக்குக் குறுக்கே படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். இந்த அமைப்பைப் பயன்படுத் தாதபோது மின்கலத்தை இணைப்பில் இருந்து பிரிக்க, சேர்க்கும்-பிரிக்கும் இணைப்பு மாற்றியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

அளக்கப் பயன்படுத்தும் மின்தடை பூஜ்ஜியமாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அதாவது $R_x = 0$ என இருக்கும்போது A யும் B யும் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்போது அளவி 0 ஐக் காட்டும். அளவு தெரியாத மின் தடையின் அளவு மிகுதியாக இருக்கும்போது, அதாவது $R_x = \infty$ (A யும் B யும் திறந்திருக்கும்) ஆக இருக்கும்போது மின்னோட்டம் அடிப்படை அளவி வழியாகத்தான் செல்ல வேண்டும். இப்போது மின்தடையின் மதிப்பை மாற்றக்கூடிய மின்தடையம் R_1 ஐச் சரிசெய்து அளவியின் முள் முழு அளவைக் காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும். இதனால் இந்த அளவியில் பூஜ்யம் இடப்புறமும், மிகுந்த அளவான ∞ வலப்புறமும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த ஓம் அளவியில் 0 வும், ∞ யும் தொடர்நிலை அமைப்பு ஓம் அளவியில் இருப்பதிலிருந்து இடம் மாறி உள்ளதை அறியலாம்.

பக்க இணைப்பு வேலை செய்யும் முறை. R_m, R_x என்னும் இரு இணை இணைப்புகளில் மொத்த மின்தடை,

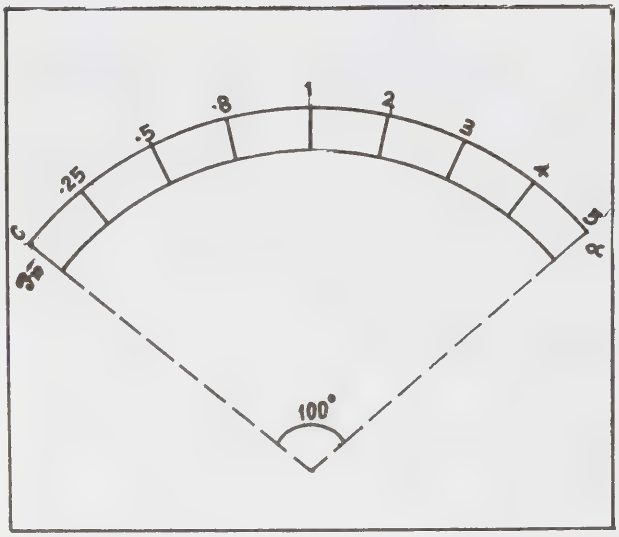
$$\frac{R_m \times R_x}{R_m + R_x} = \frac{R_m}{1 + R_m/R_x} \rightarrow (1)$$

இதில் R_m என்பது டி அர்சனால் அடிப்படை அளவியின் உள் மின்தடையாக இருப்பதால், அது நிலையான மின்தடையாகும். R_x என்பது மாறக்கூடிய, மின்தடை அளவு தெரிய வேண்டிய மின்தடையம் ஆகும். எனவே, மேலே உள்ள சமன்பாடு-1 இலிருந்து R_x உயர உயர இரு இணை இணைப்புகளின் மொத்த மின்தடை மிகும். R_1 என்னும் மின்தடையும், R_m, R_x என்னும் இரு இணை இணைப்புகளின் மொத்த மின்தடையும் தொடர்நிலையில் இருப்பதால், மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை $R_1 + \frac{R_m}{1 + R_m/R_x}$ ஆகும். R_1 என்பது முதலில் செய்த மாற்றத்திற்குப் பிறகு மாறாமல் இருக்கும் மின்தடையாகும். எனவே, R_x உயர உயர மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை மிகும். மின்கலத்திலிருந்து, மின்சுற்றுக்குள் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு மொத்த மின்தடைக்கு எதிர் மாறிலி ஆகும். ஆகையால் R_x உயர உயர, மொத்த மின்தடையும் உயர்வதால், மின்கலத்திலிருந்து மின்சுற்றுக்குள் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு குறைகின்றது.

R_1 என்னும் மின்தடையத்தால் ஏற்படும் மின்னழுத்தக் குறைவு IR_1 ஆகும். மின்கலத்தின் மின்னழுத்தம் E_1 என்று நிலையாக இருப்பதால், மின்தடையத்தில் மின்னழுத்தம் $(E_1 - IR_1)$, மின்தடையம் R_1 ஆல் குறைக்கப்படும். மின்னழுத்தம் குறையக் குறைய, மின்தடையத்தில் மின்னழுத்தம் மிகும். ஆகையால் R_x உயர உயர R_m ஆல் குறைக்கப்படும் மின்னழுத்தமும் உயர்வதால் டி அர்சனால் அடிப்படை அளவி வழியாக மிகுதியான மின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது. ஆகையால் அளவையில் முள், R_x உயர உயர மிகுதியான அளவையைக் காட்டுகிறது. $R_x = 0$ என்று இருக்கும்போது R_m இல் மின்னோட்டம் இல்லாததால், அளவையின் முள் அசையாது; அந்த இடத்தை 0 ஓம் என்று குறிக்கவேண்டும். $R_m = \infty$ என்று இருக்கும்போது, மின்தடையம் R_m ஆல் குறைக்கப்படும் மின்னழுத்தம் பெருமமாக இருப்பதால் மிக உயர்ந்த மின்னோட்டம் டி அர்சனால் அளவியின் வழியாகப் பாய்கிறது. அதனால் அளவையின் முள் பெரும மதிப்பைக் காட்டும். அந்த இடத்தை ∞ என்று குறிக்க வேண்டும்.

டி அர்சனால் அளவியின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் $R_x = 0$ ஆக இருக்கும்போது, குறைந்த அளவு மின்னோட்டம் $I_{min} = 0$ $R_x = \infty$ ஆக இருக்கும்போது, உயர்ந்த அளவு மின்னோட்டம் $I_{max} = \frac{E}{R_1+R_m}$ பக்க இணைப்பு ஓம் அளவியின் அளவு முறை படம் 5 இல் காட்டியபடி இருக்கும்.

- ஏ. கிருஷ்ணன்



படம் 5,

நூலோதி. A.K. Sawhney, *A Course in Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation*, Dhanpal Rai and sons, New Delhi, 1983.

ஓம்ஃபசைட்

எக்லோகைட்டுகளிலும் அதன் தொடர்பான பாறைகளிலும் ஓம்ஃபசைட் (omphacite) வெளிர் பச்சையிலிருந்து கரும் பச்சை நிறம் வரை ஒற்றைச் சரிவுப் பைராக்சீன் படிகமாகக் காணப்படுகிறது. ஜேடைட்டுக்கும், டையாப்சைட்டுக்கும் இடைப்பட்ட திண்மக் கரைசல் தொடரில் இது ஒரு குறிப்பிடத்தக்க உறுப்பாகும். இதன் அடர்த்தி 3.16-3.43 கிராம்/செ.மீ^{3}. வரை வேறுபடுகிறது. கடினத்தன்மை 5-6 ஆகும். (110) தளத்தில் பிளவு சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது.

நீலப்படலப்பாறை, எக்லோகைட் முதலியவற்றின் உருமாற்றத்தில், உயர் அழுத்தத்தில்தான் ஓம்ஃப்சைட் நிலையாக உள்ளது. இது முறையாக லாசோனைட் அல்லது பைரோப்பிக் கார்னெட், குளுக்கோஃபேன் கனிமங்களுடன் இணைந்து காணப்படுகிறது. இச்சூழ்நிலையில் நரம்புப் படிவுகளாக, தனித்தோ குவார்ட்சுடன் இணைந்தோ காணப்படுகிறது. மணிகள் வடிவத்திலிருந்து மடிப்புகள் வரை காணப்படுகிறது. சிறிதளவு அலுமினியம் ஆக்சைடைக் கொண்டுள்ளது.

-இரா. சரசவாணி

ஓம், ஜார்ஜ் சைமன்

இவர் மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் இவற்றிடையேயுள்ள சார்பைக் கண்டறிந்த இயற்பியலார் ஆவார். ஓம் ஜார்ஜ் சைமன் (Ohm George Simon) ஜெர்மனியில் உள்ள எர்லாங்கென் (Erlangen) என்னும் இடத்தில் 1780 இல் பிறந்து 1854 இல் மறைந்தார், இவர் தந்தை ஓர் எந்திர வினைஞர் (mechanic) ஆவார். தந்தையாரின் அறிவியல் நோக்கும் போக்கும் இளமையிலேயே ஓமை, கணிதத்தையும் இயற்பியலையும் கற்கச் செய்தன. பின்னர் எர்லாங்கென் பல்கலைக் கழகத்தில் படித்த இவர் 1813 - 1817 இல் பாம்பெர்க்கில் (Bamberg) இயற்பியல், கணிதவியல் ஆசிரியராகப் பணியாற்றினார். 1817-1820 இல் கொலானில் இருந்த கல்வியகத்தில் கல்வி கற்பித்தார். இவரின் புதிய கோட்பாடுகளுக்கு எழுந்த எதிர்ப்பு, இவரை 6 ஆண்டுகள் பெர்லினில் பயிற்சியாளராகக் கழிக்கச் செய்தது. இவர் 1833 இல் நியூரன்பெர்க் நகரப் பல்தொழில் நுட்பப் பள்ளி இயக்குநரானார். பிறகு 1849 இல் மியூனிச் பல்கலைக் கழகப் பேராசிரியரானார்.

(ஓம் கல்லச்சுப் பட விவரம்)

நிதிக்கட்டுப்பாட்டால் இவர் காலத்தின் பெரும் பகுதி வீணாகக் கழிந்தது. இவர் ஆய்வுகள் சீரற்ற அமைப்புகளால் செய்யப்பட்டுச் பெயர் பெறாத இதழ்களிலேயே வெளியாகின. இவரின் தலையாய ஆய்வுகளில் கால்வானிக் மின்னோட்ட ஆய்வும் மின்சுற்றுவழியில் உள்ளமின்னழுத்தப் பரவலைக் கணித்ததும் அடங்கும் இவர் மின்தடை (resistance), மின்னோட்டம் (current) மின் இயக்கு விசை (elcetromotive force) ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள சார்பை வரையறுத்தார். காண்க,ஓம் விதி. இவ் விதி இவர் பெயராலேயே வழங்குகிறது. மின்தடையின் அலகும் இவர் பெயரால் வழங்குகிறது. இவர் பிற்காலத்தில்நீர்மவியல், மின்கடத்துமை, ஒளியியல், ஒலித்தொழில் நுட்பவியல் (acoustics) ஆகிய துறைகளிலும் பணிபுரிந்தார். இவரின் பெயர்பெற்ற நூல் ''கணக்கியலாக ஆய்ந்த கால்வானிக் மின் சுற்றுவழி'' என்பதாகும். லண்டன் இராயல் கழகம் இவருக்கு 1841 இல் கோப்ளே விருதை வழங்கியது. ஓராண்டுக்குப் பிறகு அக்கழகத்தில் இவரை அயல்நாட்டு உறுப்பினராகவும் சேர்த்துக் கொண்டது.

- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

ஓம் விதி

1827இல் ஜார்ஜ் சைமன் ஓம் என்பார், ஒரு மின் கடத்தியின் வழியே பாய்ந்துசெல்லும் மின்னோட்டத்திற்கும் (current-I), அதன் இருமுனைகளில் செயல் படுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் (potential) அல்லது மின்னியக்கு விசைக்கும் (electromotive force-V) இடையே ஓர் எளிய தொடர்பை அறிவித்தார். அத்தொடர்பே ஓம் விதி (Ohm's law) எனப்படுகிறது.

ஓம் விதியின் வரையறை. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் ஒரு மின் கடத்தியில் அதன் வழியே செல்லும் மின்னோட்டமும் (ஆம்பியர் அலகில்) அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் (V=வோல்ட் அலகில்) நேர் விகிதத்தில் உள்ளன எனலாம். இதை ஒரு சமன்பாட்டால் கூறினால் $I \propto V$

அதாவது $V=RI$ இதில் R என்பது கொடுக்கப் பட்ட மின் கடத்தியைச் சார்ந்த ஒரு மாறிலியாகும். இதை மின்தடை (resistance) என்பர்.

ஓம் விதியின் மாற்றுவடிவங்கள் கீழே தரப் பட்டுள்ளன:

$$V=IR \quad (1)$$

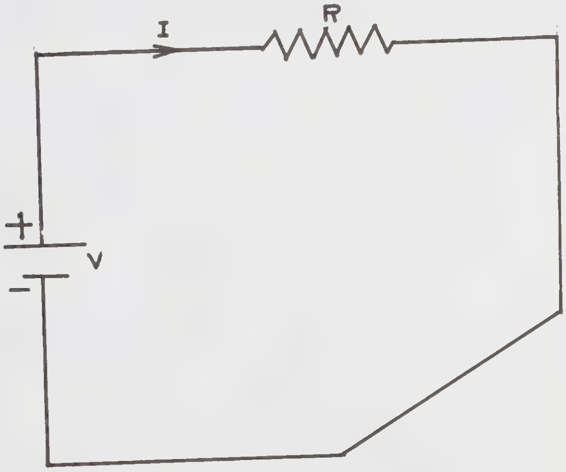
$$I=V/R \quad (2)$$

$$R=V/I \quad (3)$$

மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம், மின்தடை இவற்றில் ஏதேனும் இரண்டின் மதிப்புத் தெரிந்தால், மூன்றாம் மதிப்பை மேலே கொடுத்துள்ள சமன் பாட்டால் அறிய முடியும். இவ்விதி வளிமங்களுக்குப்

பொருந்தாது. மாறு மின்னோட்டத்துக்குக் கடத்தியின் பிற இயல்புகளான கொண்மமும் (capacity) தூண்டமும் (inductance) தரும் எதிர்வினைப்புகளைக் (reactance) கருத்தில் கொண்டு ஓம் விதியை விளக்கலாம்.

மின்தடை நல்ல கடத்திகளுக்குக் குறைவாகவும் (செம்பு, அலுமினியம் முதலியன) அரிதில் கடத்திகளுக்கு (bad conductors) (மரம், ரப்பர், மைக்கா பீங்கான், மின்காப்பி (insulator) முதலியன) மிகுதியாகவும் இருக்கும். மின்னியலில் மிகவும் அடிப்படையான இவ்விதியை நிறுவியதற்காக அவரைப் பெருமைப்படுத்தும் பொருட்டு, மின்தடைக்கான அலகை ஓம் (ohm) என்றே குறிப்பிடுகின்றனர். ஓம் விதியைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படத்தின் மூலம் நன்கு அறியலாம்.



படம் 1.

படத்தில் V என்பது மின்சுற்றுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம். இது இங்கு மின்கலத்திலிருந்து தரப்படுகிறது. I என்பது மின்னழுத்தத்தால் ஏற்படக்கூடிய மின்னோட்டம். R என்பது மின் சுற்றின் தடை. ஓம் விதிப்படி I என்பது V க்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதாவது $I \propto V$.

பயன்கள். மின் சுற்றுகளுக்குத் தேவையான அளவு மின்தடைகளைத் தேர்ந்தெடுக்கவும், மின் இழைவிளக்கு, மின்அடுப்பு, மின்உலர் பெட்டி போன்ற பல கருவிகளை அவற்றின் செயல்திறனுக்கு ஏற்றவாறு இழைகளை அமைத்துக் கொள்வதற்கும், மின்னோடிகளில் உள்ள மின்சுருளை அமைக்கத் தேவையான அளவு கம்பியின் நீளத்தை வரையறுத்துக் கொள்ளவும் இவ்விதி பயன்படுகிறது.

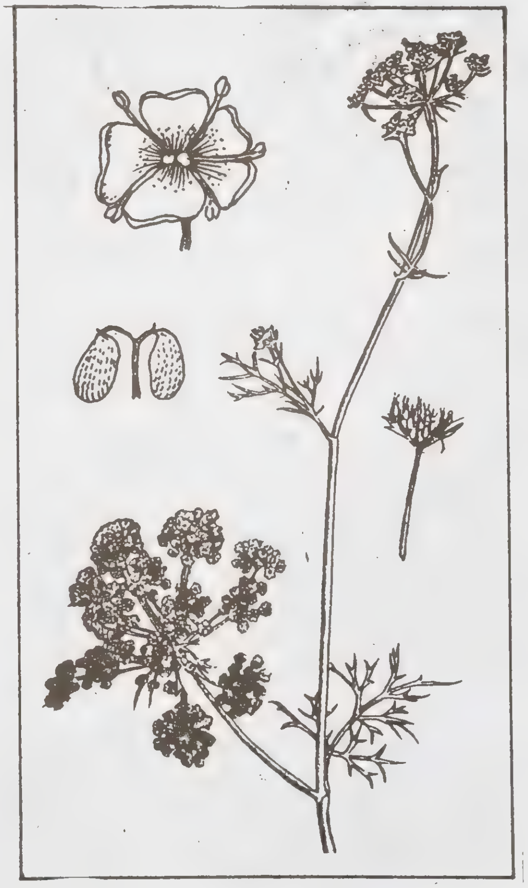
- ஏ. கிருஷ்ணன்
- மெ. மெய்யப்பன்

ஓமம்

இதைக் காரவே விதைகள் (caraway seeds) என்பர். ஓம விதைகள் என்று பொதுவாகக் கூறப்படுபவை கனிகளேயாகும். இதன் தாவரவியல் பெயர் கேரம் கார்வி (*carum carvi*) என்பதாகும். இது ஏபியேசி அல்லது அம்பல்லிஃபெரே (apiaceae or umbelliferae) என்னும் இருவித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த ஒரு சிறந்த மருந்துச் செடியாகும்.

தோற்றம். இச்செடி வரலாற்றுக் காலத்திற்கு முன்பிருந்தே பயிரிடப்பட்டு வந்துள்ளது. ஐரோப்பாவையும் மேற்குஆசியாவையும் தாயகமாகக் கொண்டது. இந்தியாவில் பீகார், ஒரிசா, பஞ்சாப் வங்காளம், ஆந்திரம், காஷ்மீரப் பகுதிகளில் பயிரிடப்படுகிறது. வட இமயமலைப் பகுதிகளில் தன்னிச்சையாக வளர்கிறது.

பொதுவாக ஓமம் மித வெப்பநாடுகளில் பயிரிடப்படுகிறது. சிறப்பாக நெதர்லாந்து, டென்



ஓமச் செடி

1. காய் 2. மலர்

மார்க், போலந்து, ரஷ்யா ஆகிய நாடுகளில் மிகுதியாகப் பயிரிடப்படுகிறது. நெதர்லாந்தின் ஈரப்பசையுள்ள காற்றும், கனமான களிமண் நிலமும் ஓமம் மிகுதியாக வளரத்தக்க வாய்ப்புடைய சூழ்நிலையை ஏற்படுத்தியுள்ளன. பல ஆண்டுகள் ஹாலந்து ஓம உற்பத்தியில் சிறப்பு வகித்தது.

இலை. மாற்றிலையடுக்கு அமைப்புள்ளவை. இலையடி அகலமாகப் பட்டை போன்று இருக்கும். இவை சிறகமைப்புக் கூட்டிலைகள்; தனி அல்லது இரு கூட்டிலைகள்; சில இலைகள் 4 அல்லது 5 முறை பிளவுபட்டிருப்பதைக் கூடக் காணலாம். சிற்றிலைகள் நீண்டு உருண்டையாக இருக்கும்.

வளரியல்பு. கேரம் இனம் ஒரு பருவ அல்லது பல பருவச் செடியாகும். ஓமம் இரு பருவச் செடியாகும். வேர் தடித்துக் கிழங்குடன் காணப்படும்.

மஞ்சரி. இக்குடும்பச் சிறப்பு மஞ்சரி கூட்டுக் குடை மஞ்சரி ஆகும். குடை மஞ்சரிகளில் முதல் இரு காம்புகளின் நுனியில் பூவடிச் செதில்கள் வட்டமாக அமைந்திருக்கும்.

மலர். மிகவும் சிறியவை; வெள்ளை நிறமானவை; பொதுவாக இருபால் முழுமையான ஒழுங்குமலர்கள் ஆகும். சில மஞ்சரிகளில் ஒருபால் அல்லது மலட்டு மலர்களையும் காணலாம். பொதுவாகக் கூட்டு மஞ்சரியின் விளிம்பில் அமைந்திருக்கும் மலர்கள் ஒருபால் அல்லது மலட்டு ஒழுங்கற்ற மலர்களாக இருக்கும்.

புல்லிவட்டம். 5, தனித்தவை, சூலகத்தோடு இணைந்தவை, பல்போல் சிறுத்தவை.

அல்லிவட்டம், 5, தனித்தவை அகன்று நுனி மழுங்கியவை, ஒழுங்கற்ற மலர்களில் சில அல்லிகள் பெரியவையாகவும் மற்றவை சிறியவையாகவும் இருக்கும்.

மகரந்தத்தாள்வட்டம். 5, அல்லிகளுக்கு மாற்றமைப்பில் இருக்கும்.

சூலகம். இது இரு சூலக இலைகள், இருசூலக அறைகள், கீழ்மட்டச் சூலகம், அறைக்குள் ஒருசூல், தொங்குமுறை அமைப்புடையது. சூல்தண்டு இரண்டு வெளிநோக்கியவை. இவை ஸ்டைலோபோடியம் எனப்படும் சுரப்பிகளின் நடுவே காணப்படும்.

கனி. க்ரிமோகார்ப் (cremocarp) என்னும் வகையைச் சேர்ந்தது. வெடிக்கும்போது கனி இரண்டாகப் பிளந்து சிறு கனிகள் (mericarp) வெளிப்படும். இந்த விதைகள் உருண்டையாகவோ தட்டையாகவோ இருக்கும்.

வகைப்பாடு. கேரம் என்பது பழமையான பேரினமாகும். தற்சமயம் இதிலிருந்து மூன்றினங்கள் பல புது இனங்களாக மாற்றப்பட்டுள்ளன.

கே. கார்வி (*C. Carvi*). இதைத் தமிழில் ஓமம் என்பர்.

கே. நோத்தம் (*C. Notham*). இது நீலகிரி மலைப் பகுதியில் 7000 அடி உயரத்திற்கு மேல் காணப்படும்.

கே. பெட்ரோஸெலீனம் (C.petroselinum). இது சில சமயங்களில் தோட்டங்களில் வளர்வதைக் காணலாம்.

கே. பல்போகேஸ்டானம் (*C. bullbochastamum*). இதைக் கருஞ்சீரகம் என்று கூறுவர். இது மருத்துவத்தில் குறிப்பிடப்படும். இச் செடியின் அண்மைக் காலப் பெயர் ப்யூனியம் பர்ஸிகம் (*Bunium persicum*) கே.காப்டிகம் (*C. copticum*) என்பதாகும்.

ட்ராகிஸ்பெர்ம் அம்மி. (*trachyspenmuш ammi*) இதைச் சிலர் ஓமம் என்று குறிப்பிடுவதுண்டு. கனிகளிலிருந்து ஓமநீர் தயாரிக்கப்படுகிறது. கனிகளிலிருந்து கிடைக்கும் எண்ணெயைக் கொண்டு தைமால் (*thymol*) எனப்படும் பூச்சிக்கொல்லி தயாரிக்கப்படுகிறது.

பயன். இது ஒரு சிறந்த மருந்துச் செடியாகும். இதன் மருத்துவப் பயன் பற்றி முதலாம் நூற்றாண்டு ரோமானிய மன்னன் நீரோவின் அரண்மனை மருத்துவர் டயஸ்கோரிடஸ் ஓம எண்ணெய் ரத்தச் சோகையுள்ள பெண்களுக்கு நீர்மமாக ஊட்டப் பயன்படும் என்று கூறியுள்ளார்.

வயிறு தொடர்பான நோய்கள், உணவுக் குழாயில் வளிமம் சேர்ந்து தோன்றும் தொல்லைகளுக்கு இது மிகவும் சிறந்த மருந்தாகும். கார்மனேடிக் கலவை என்னும் செரியாமையை நீக்கும் மருந்து இதிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது. ஓம எண்ணெய் மருந்துகளில் மணம் சேர்க்கப் பயன்படுகிறது. மேலும் இது மருந்துகளின் அருவெறுப்புத் தன்மையை நீக்கவல்லது. இந்த எண்ணெய் வாய்க் கொப்பளிப்பான்கள் நறுமணப் பொருள்கள் சோப் தயாரிப்பில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஓம நீர்மம் (Caraway water) அல்லது கிரைப் வாட்டர் என்பது குழந்தைகளுக்கு உண்டாகும் வயிற்றுப்பொமல், செரியாமை முதலிய நோய்களுக்குச் சிறந்த மருந்தாகும். இது தின்பண்டங்கள் ரொட்டி, பிஸ்கட், கேக், பாலாடைக் கட்டி முதலியவற்றில் மணம் சேர்க்கப் பயன்படுகிறது. ஓம எண்ணெயை இறைச்சி, கறி வகை, டப்பா உணவு வகை, மணப் பொருள் முதலியவற்றின் தயாரிப்பில் பயன்படுத்துவர். மேலும் ஓம எண்ணெயிலிருந்து கும்மல் என்ற ஒரு வகை மதுபானம் தயாரிக்கப்படுகிறது. குளிர்காலங்களில் சளி பிடிக்காமலிருக்கக் சாம்பிராணியுடன் ஓமத்தைச் சேர்த்துப் புகை போடுவதுண்டு. மேலும் நல்லெண்ணெயோடு ஓமம், பூண்டு, மிளகாய் முதலியவற்றைச் சேர்த்துக் காய்ச்சித் தேய்த்துக் குளிப்பர்.

சுரம், சளி தொடர்பான நோய்களுக்கு மோருடன் ஓமத்தைச் சேர்த்துச் சுடவைத்து உணவுடன் உட்கொள்வர். ஓமலேகியம், இங்கு வாஷ்டகசூரணம், பஞ்ச தீபாக்கினி லேகியம், பிள்ளைப்பேறு மருந்து, தீபாவளி மருந்து முதலிய நாட்டு மருந்துகளின் தயாரிப்பில் ஓமம் அதன் செரியாமை நீக்கப் பண்புக்காகச் சிறப்புப் பெறுகிறது. கனியின் உட்கூட்டுப் பொருள் விதையிலிருந்து 3% ஆவியாகக்கூடிய எண்ணெய் கிடைக்கிறது. இந்த எண்ணெயில் காரவோன் எனப்படும் வேதிப் பொருள் உள்ளது. இது ஓர் ஆல்டிஹைட் ஆகும். ஓமத்திற்கே உண்டான இனிமையான மணத்திற்கும் அதே சமயத்தில் சற்று விறுவிறுப்பான சுவைக்கும் காரவே எண்ணெயே காரணமாகும். டச்சு நாட்டு ஓமத்தில் நறுமண எண்ணெய் மிகுதியாகக் காணப் படுகிறது. அண்மைக் காலத்தில் ஓம எண்ணெயைச் செயற்கையாகத் தயாரிப்பதால் ஓம உற்பத்தி குறைந்து வருகிறது.

-தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஓய்வு நிறை

ஒரு பொருள், சார்பு இயக்கமற்ற ஓய்வு நிலையில் பெற்றிருக்கும் நிறையை ஓய்வு நிறை (rest mass) என்பர். ஒரு பொருளின் நிறை அதன் திசை வேகத் திற்கு (velocity) ஏற்ப மாறுபடுகிறது என்பதால் ஓய்வு நிறையை வரையறுக்க வேண்டியுள்ளது. அடிப் படைத் துகள் இயற்பியலில் (elementary particle physics) ஓய்வு நிறை ஓர் இன்றியமையாத இயற் பியல் பண்பாகக் கருதப்படுகின்றது. அடிப்படைத் துகள்களுக்கு ஓய்வு நிறையே சிறப்புக் கூறாகும். எடுத்துக்காட்டுகளாக எலெக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை 9.109×10^{-31} கி.கி. புரோட்டானின் ஓய்வு நிறை 1.6725×10^{-27} கி.கி. நியூட்ரானின் ஓய்வு நிறை 1.6748×10^{-27} கி.கி. போன்றவற்றைக் கூறலாம்.

அறிவியலின் பழங்கொள்கைகளில் (classical physics) ஒரு பொருளின் நிறை என்பது அதன் இயக் கங்களைப் பொறுத்து மாறாத அளவாகக் கருதப் பட்டது. ஒரு பொருளின் திசைவேகம் புறக்கணிக்கக் கூடிய அளவில் குறைவாக இருந்தால் மேற்கூறிய கருதுகோள், அப்பொருளின் இயக்கவியல் பண்பு களைக் குறிப்பிடும் கணிதவியல் சமன்பாடுகளில் எத்தகைய பிழையையும் ஏறபடுத்துவதில்லை. பொது வாக இந்நிலை, சார்பியக்கத்தால் பொருள்களின் இயற்பியல் பண்புகளில் ஏற்படும் தாக்கங்களைப்புலப் படுத்துவதில்லை. மிகக் குறைந்த வேகங்களில் இயங் கும் பொருள்களைப் பற்றியே பார்த்துவந்ததால், தொன்மைக் கால அறிவியல் கூறிய கருத்தை நீண்ட காலமாக உண்மை என்றே கருதி வந்தனர். இக் கருத்து சார்பியல் கொள்கையால் தவறெனச் சுட்டிக் காட்டப்பட்ட பின்னர், பொருளின் வேகம் மிக, அதன் நிறையும் மிகுந்து கொண்டே போகின்றது எனும் உண்மை நிலை பெற்றது. வேகத்திற்கு ஏற்ப நிறையில் ஏற்படும் மாற்றம் ஓய்வு நிறையைப் பொறுத்தது என்றாலும், வேகம் ஒளியின் திசை வேகத்தை எட்டும்போது, பொருளின் நிறை, அதன் ஓய்வு நிறை எந்த அளவில் இருந்த போதும் எல்லை யற்றதாகிவிடுகின்றது.

எளிய இயக்கங்களையே பார்த்துணரக்கூடிய மனிதனின் புலன்களாலும், அளந்தறியக்கூடிய நுணுக் கமிலா ஆய்கருவிகளாலும், எளிய வேகங்களாலும் பொருள்களின் நிறையில் ஏற்படும் மிக நுண்ணிய மாறுதல்களைக் கண்டறிய இயலாது. ஒளியின் வேகத்தை ஒட்டிய திசை வேகத்தில் பொருள் இயங் கும்போது, அதன் நிறை மாறுதல் உணரக்கூடிய வகையில் உயர்ந்து விடுகின்றது. வேகத்திற்கு ஏற்பக் குறையும் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்ட நிறை தகவு (e/m), வட்டினத் துகள் முடுக்கும் பொறியில் முடுக்கப்படும் துகளின் வேகம் உயர அதன் போக்கு ஒழுங்கில் காணப்படும் கட்ட வேறுபாடு (phase change) போன்றவை வேகத்திற்கு ஏற்ப நிறை உயரும் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுகின்றன.

ஐன்ஸ்டைனின் சார்பியல் கொள்கையின் அடிப் படையில் ஒரு பொருளின் நிறைக்கும் (m), அதன் வேகத்திற்கும் (v) உள்ள தொடர்பைக் கீழ்க்காணு மாறு நிறுவலாம்.

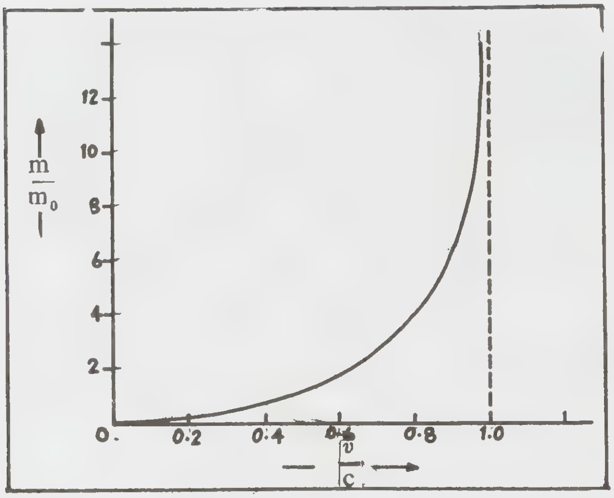
$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

இதில் m_o என்பது அப்பொருளின் ஓய்வு நிறையாகும். c என்பது ஒளியின் திசைவேகமாகும். பொருளின் வேகம் சுழியாகவோ மிகக் குறைந்த அளவாகவோ இருந்தால் v^2/c^2 இன் மதிப்பு மிகவும் குறைவாக இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக v என்பது நொடிக்கு 1 கி.மீ என்று கொண்டால்

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{(1 \times 10^3)^2}{(3 \times 10^8)^2} \simeq 10^{-11}$$

இந்த எண் சுழிக்குச் சமமெனக் கொள்ளலாம். இந் நிலைகளில் $m = m_o$ என்பது சரியாக உள்ளது. இது சாதாரண வேகங்களில் தொன்மைக் கால அறிவியலின் பழங்கொள்கைகளை ஏற்றுக் கொள்ள லாம் என்பதைத் தெரிவிக்கின்றது. ஆனால் பொருளின் வேகம் ஏறக்குறைய ஒளியின் வேகத் திற்குச் சமமாகும்போது v^2/c^2 என்னும் பின்னத்தின் மதிப்பு ஒன்றுக்கு அருகில் வந்து விடுகின்றது.

அப்போது $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ என்பது மிகச் சிறியதொரு பின்னமாகிவிடும். இப்பின்னத்தால் m_o என்னும் பொருளின் ஓய்வு நிறையை வகுத்து வரும் எண், மிகப் பெரிய எண்ணாகிவிடும். எனவே, மிக உயர்ந்த வேகத்தில் பொருள் இயங்கும்போது அதன் நிறையும் மிக உயர்ந்து விடுகின்றது. படம்-1 இல் காட்டப் பட்டுள்ள வரைபடத்திலிருந்து வேகம் உயர நிறை மாறுபடும் வீதத்தைத் தெளிவாக அறிய முடிகின்றது.



படம் 1. வேகத்திற்கு ஏற்ப மாறுபடும் நிறை

ஒரு பொருள் இயங்கும்போது அதன் நிறை மாறுபடும் என்னும் உண்மையிலிருந்து மற்றோர் உண்மையைப் பெறமுடியும் என்பதை ஐன்ஸ்டைன் திட்டவட்டமாக நிறுவினார். பொருளின் திசை வேகம் உயரும்போது அதன் நிறையும் மிகுதியாகிறது. இயக்கத்திற்குக் காரணம் இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) என்றால் இதே இயக்க ஆற்றல்தான் நிறை உயர்வுக்கும் காரணமாக இருக்க வேண்டும். எப்போது இயக்க ஆற்றல் உயர்கின்றதோ, அப்போது பொருளின் நிறையும் உயரும் என்பதால், இயக்க ஆற்றலுக்கும், நிறை உயர்வுக்கும் இடையே நெருங்கிய தொடர்பிருக்க வேண்டும். இதையே ஐன்ஸ்டைன்

$$\text{இயக்க ஆற்றல்} = (m - m_o)\, c^2$$

எனும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிட்டார். இதிலிருந்து பொருளின் மொத்த ஆற்றலைப் பெற முடியும். பொருளின் ஓய்வு நிலை நிறை ஆற்றலான m_oc^2 ஐக் கூட்டினால் மொத்த ஆற்றல் கிடைக்கும்.

மொத்த ஆற்றல் (E) = இயக்க ஆற்றல் + ஓய்வுநிலை நிறை ஆற்றல் = mc^2

உலகப் புகழ்பெற்ற இச்சமன்பாட்டால், ஐன்ஸ்டைன் பொருளும் ஆற்றலும் ஒன்றே என்னும் கருத்தை வெளியிட்டார்.

- மெ. மெய்யப்பன்

நூலோதி. S. Glasstone, *Source Book on Atomic energy*, D. Van Nostrand Co. Inc. London, 1959.

ஓர் புழைப்பாலூட்டிகள்

இயல்பாகப் பாலூட்டிகள் என்றால் குட்டி போட்டுப் பால் கொடுக்கும் விலங்குகளாகும். ஆனால் முட்டை யிட்டுப் பால் கொடுக்கும் விந்தை விலங்குகள் மானோட்ரிமேட்டா (Monotremata) என்னும் பிரிவிலுள்ளன. இவை உலகில் ஆஸ்திரேலியா, நியூ கினியா, டாஸ்மேனியா பகுதிகளில் மட்டுமே காணப் படுகின்றன. ப்ளீஸ்டோசீன் (Pleistocene) காலம் முதல் வாழ்ந்து வரும் இவ்விலங்குகளின் பழங்கால வரலாற்றினை இப்போது உலாவும் ஒரு சில விலங்குகளின் உடலமைப்பு, தகவமைப்பு, முதலிய் வற்றின் மூலமாகத்தான் தெரிந்துகொள்ள முடிகிறது. இத்தொகுதியில் வாத்தலகுப் பிளாட்டிப்பஸ் (Duck billad platypus) அல்லது ஆர்னித்தோரின்கஸ் (orni thorhynchus), முள்ளுடை எறும்புண்ணிகள் (spiny ant eaters) ஆகியவை உள்ளன. இவற்றின் கருப்பை சிறப்பாக வளர்ச்சியுறாமல் தொடக்க நிலையிலுள்ள தால் இவற்றை 'prototheria 'என்றும் கூறுவர். உடலின் பின் பக்கத்தில் மலப்புழையும் இனப்பெருக் கப் புழையும் தனித்தனியாக இல்லாமல் ஒரே ஒரு புழையாக மட்டுமே உள்ளதால் இவற்றை 'ஒரு புழைப் பாலூட்டிகள்' என்றும் கூறுவர்.

ஒரு புழைப்பாலூட்டிகளில் ஊர்வனவற்றின் சில பண்புகளும், பாலூட்டிகளின் சில பண்புகளும் ஒன்று சேர்ந்து இருப்பதால் இவை மூதாதை ஊர்வனவற்றிற்கும் பாலூட்டிகளுக்கும் இணைப்புப் பாலம் என்று கருதப்படுகிறது. மேலும், இந்த ஒரு புழைப்பாலூட்டிகள் எண்ணிக்கையில் குறைந்து அழிவைநோக்கியிருப்பதால் இவற்றை வாழும் புதை படிவங்கள் என்றும் கூறுவர்.

பெர்மியக் (Permian period) காலத்தின் பிற்பகுதி யில் ஊர்வனவற்றில் நன்கு முன்னேற்றமடைந்த தெராப்சிடா (Therapsida) என்னும் ஒரு பிரிவிலிருந்து ஒரு புழைப்பாலூட்டிகள் தோன்றியிருக்கலாம் என தொல்லுயிரியலார் கருதுகிறார்கள்.

பிளாட்டிபஸிலும், எக்கிட்னாவிலும், தற்கால மேம்பட்ட விலங்குகளில் ஒன்றான முயலைப்போல உணவுப் பாதை இருந்தாலும், பொதுப்புழையின்

(cloaca) மூலமே வெளியே திறப்பதால் அவை பழமை யான விலங்குகள் என்பது உறுதியாகிறது. மயி ருடைய தோல் கொண்ட அமைப்பு பாலூட்டிகளின் மிக முக்கியப்பண்புகளிலொன்று. முட்டையிடு வதாலும், மயிருடைய தோலைக்கொண்டுள்ளதாலும் பால் கொடுப்பதாலும் இவை பாலூட்டிகளின் வகுப்பில் ஒரு தனிப்பிரிவாக வகைப்பாடு செய்யப் பட்டுள்ளன. இவற்றை முழுமை பெறாத பாலூட்டி கள் (unfinished mammals) என்றும் கூறலாம்.

வகைப்பாடு. பாலூட்டிகள் வகுப்பில் உள் வகுப்பு ஒரு புழைப்பாலூட்டிகளில் இரண்டு குடும்பங் கள் உள. அவை ஆர்னித்தோரின்கிடே (ornithorhy-nchidae), எக்கிட்னிடே (Echidnidae) என்பன.

ஆர்னித்தோரின்கிடே. இதில் ஒரே ஒரு பேரினம் (genus) மட்டுமே உள்ளது. எடுத்துக்காட்டு. வாத் தலகு பிளாட்டிப்பஸ் அல்லது ஆர்னித்தோரின்கஸ் முன்கூறியது போல இது ஆஸ்திரேலியா, நியுகினியா, டாஸ்மேனியா ஆகிய தீவுகளில் மட்டுமே வாழ் கிறது. இயல்பாகப் பிளாட்டிபஸின் நீளம் அலகின் நுனியிலிருந்து வாலின் இறுதி வரை 50-60 சென்டிமீட்டர் இருக்கும். உடலில் நீண்டு சுருண்ட மயிர் அடர்த்தியாக உள்ளது. மயிர்களுக்கு அடியில் குட்டையான மயிர்க்கால்கள் போர்வை போல் அடர்ந்து காணப்படுகின்றன. முதுகுப்புறம், விலாப் புறம் கரும்பழுப்பு நிறத்துடனும், வயிற்றுப்பகுதி சற்று வெளிறிய நிறத்துடனும் உள்ளன. கண்கள் மிகச்சிறியவை. வெளிக்காதுகள் தெரிவதில்லை. வாத்தின் அலகைப் போன்ற இதன் அலகு 7 செ.மீ. நீளமும் 5 செ.மீ. அகலமும் உள்ளது. இதன் நான்கு கால்களிலும் சவ்வு போன்ற தோல் பகுதி படர்ந்து, அடிப்பகுதி அகன்று இருப்பதால் இதற்கு அகலடி என்ற பெயர் வந்தது.

பிளாட்டிபஸ், நீரிலும் நிலத்திலும் வசிக்கும் ஓர் இரு வாழ்வியாகும். இரவில் நடமாடும் இவ் விலங்கு, மிகவும் பயந்த இயல்புடையது. பகலில் தன் கூட்டினுள்ளே படுத்துறங்கும் ஆற்றோரங்களிலும், குளம் குட்டைகளருகிலும் வளை தோண்டி வாழ்வ தற்கேற்பக் கால்கள் கட்டையாகவும் கூரிய நகங் களைக் கொண்டனவாகவும் அமைந்துள்ளன. எதிரி களிடம் அகப்பட்டால் உடலைப் பந்துபோல் சுருட்டிக் கொண்டு போராடி பின்கால்களில் உள்ள கூரான முள்ளால் தாக்கி விட்டுத் தப்பிவிடும். தொடைப் பகுதியிலுள்ள ஒரு நச்சுச் சுரப்பியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள இந்த முள் மூலம் நச்சு நீர்மம் எதிரியின் உடலில் செலுத்தப்படுகிறது. இந்த முள் ஆண் பிளாட்டிபஸில் மட்டுமே உள்ளது.

பெண் பிளாட்டிபஸ் ஒரு தடவையில் இரண்டு அல்லது நான்கு முட்டைகள் இடும். முட்டைகள் ஒன்றோடொன்று இணைந்திருப்பது ஒரு சிறப்பியல் பாகும். முட்டைகளைத் தன் வாயின் உதவியால் உடலுடன் அணைத்து அடைகாக்கும். உடலின் வெப்பத்தால் முட்டைகள் பொரிந்து வெளிவரும் இளம் குட்டிகளுக்குக் கண்கள் வளர்ச்சியற்று இருக் கும். உடலில் மயிரும் இருக்காது. அலகு குட்டை யாக இருக்கும். அலகின் நுனிப்பகுதி சதைப்பற்று கொண்டு வட்டவடித்துடன் உள்ளது. தாயின் உடலில் வயிற்றுப்பக்கம் பால் காம்புகளுக்குப் பதி லாகக் கிண்ணம் போன்ற குழிவுகளே உண்டு. இக் குழிவுகளில் சுரக்கும் பாலைக் குட்டிகள் நக்கிக் குடிக்கின்றன.

எக்கிட்னா

ஆர்னித்தோரின்கஸ்

படம்

பிளாட்டிப்பஸின் உடல் கட்டமைப்பு 150 மில்லி யன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு இடையுயிர் ஊழிக் (meso-zoic era) காலத்தில் வாழ்ந்திருந்த முன்னோடிப் பாலூட்டிகளின் பண்புகளை ஒத்துள்ளதாகத் தொல் லுயிரியல் (Palaeontology) வல்லுநர்கள் கண்டறிந் துள்ளனர்.

எக்கிட்னிடே குடும்பம். இக்குடும்பத்தில் உள்ள ஒரே ஒரு பேரினம் எக்கிட்னா என்னும் எறும்புத் தின்னியாகும். இது 30 செ.மீ வரை வளரும். இதன் நீளமான நாக்கில் சுரக்கும் பசை போன்ற பொருளில் எறும்புகள் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. எறும்புகள் நிறைய ஒட்டிக்கொண்டவுடன் நாக்கை உள்ளிழுத்து எறும்புகளை விழுங்கிவிடுகிறது. எறும்புகளின் உடலில் உள்ள ஃபார்மிக் அமிலத்தை முறிக்கும் தன்மையுடைய உமிழ்நீர் சுரப்பது எக்கிட்னாவின்

சிறப்புப் பண்புகளில் ஒன்று. கூரிய நகங்களைக் கொண்ட நான்கு மிகச்சிறிய கால்கள் உள்ளன. கண்கள் சிறியவை புறச்செவி இல்லை. ஆண் எக்கிட்னாவிலும் பால் சுரப்பிகள் செயல்படுவது மற்ற பாலூட்டிகளில் காணப்படாத ஒரு விசித்திரப் பண்பாகும். இந்நிலையைக் கைனிகோமாஸ்ட்டிசம் (Gynaecompstism) என்று கூறுவர். குட்டிகள் பெற்றோர் இருவரிடமும் பால் குடித்து வளரு கின்றன. எதிரிகளால் அச்சுறுத்தப்பட்டால் பந்து போல் சுருண்டுவிழுந்து இறந்தவைபோலக் கிடந்து பிறகு தப்பி விடுகின்றன. எக்கிட்னாவில் 4 இனங்கள் (species) உள்ளன. காண்க, எக்கிட்னா.

- கே. கே. அருணாசலம்

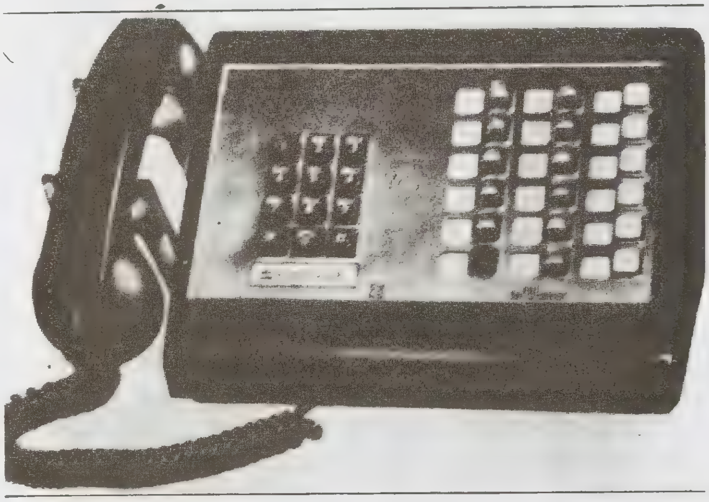
ஓரகத் தொடர்பு அமைப்பு

ஒரு தொலைபேசி அமைப்பு, அக்கட்டடத்திற்குள்ளும், அதன் சுற்றுப்புறங்களில் உள்ள பிற தொலைபேசி களுடனும் கொண்டுள்ள நேரடித் தொடர்பு ஓரகத் தொடர்பு அமைப்பு (inter communicating system) எனப்படும். இது இடைச் செய்தித் தொடர்பு என்றும் குறிப்பிடப்படும். சாதாரணத் தொலைபேசிகள் இடைச்செய்தித் தொடர்பிற்கும், நாடு தழுவிய தொலைபேசிப் பங்கீட்டு (network) அமைப்பிற்கும் பயன்படுபவை, உள் அமைப்பிற்கு மட்டும் பயன்படுபவை என இரு வகைப்படும். இவ்விரு வகையும் எளிமையானவற்றிலிருந்து சிக்கலானவை வரை, பல நோக்கங்களைக் கொண்டவையாகும்.

சாவித் தொலைபேசி அமைப்பு. நாடு தழுவிய தொலைபேசிப் பங்கீட்டு அமைப்புடன் இணைந்த கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் ஓரகத் தொடர் அமைப்புகள் சாவிகளையோ, பொத்தான்களையோ உடைய தொலைபேசிகளையே கொண்டுள்ளன. இதனால் தொலைபேசிகளை ஏதேனும் ஒரு மைய அலுவலகத்துடனோ, தனிப்பட்ட துணை இணைப் பக்கத்தின் (PBX) மைய மின் தொடர்புகளுடனோ, இடைச்செய்தித் தொடர்புகளுடனோ எளிதாக இணைக்க இயலும். இத்தொலைபேசியுடன் உணர்த்தி, விளக்கு, தொடர்புடைய பிற பொருள் ஆகியவற்றைக் கொண்ட அமைப்பே சாவித் தொலை பேசி அமைப்பு (key telephone system) எனப்படு கிறது. இச்சாவி, தொலைபேசியுடன் இணைந்த உறுப்பாகவோ, தனியாகப் பொருத்தப்பட்டதாகவோ இருக்கும்.

ஒளிர்வதன் மூலம் தொலைபேசி அழைப்பை (call) வெளிப்படுத்தும் விளக்கு, பேசிக்கொண் டிருக்கும்போது தொடர்ந்து எரியும் விளக்கு, தொடர்பில் தொலைபேசி இருக்கும்போது மினுக் கொளி (wink) ஏற்படுத்தும் விளக்குப் போன்ற பல வடிவங்களில் குறியீட்டு விளக்குகள் அமைந்துள்ளன. பெரும்பாலான சாவித் தொலைபேசிக் கருவிகளில் சாவிப் பொத்தான்கள், ஒளி ஊடுருவக்கூடிய நெகிழியால் (transparent plastic) செய்யப்படு கின்றன. இவற்றின் கீழ்ப்பகுதி ஒளியூட்டப்படுவதால் (illuminated), குறியீட்டு விளக்குகளைப் போலவே இவை செயல்படுகின்றன.

பெரும் சாவித் தொலைபேசி அமைப்புகள், தொலைபேசி அழைப்புகளை வழிப்படுத்துவதற்காக இசைக் கருவிகளிலுள்ள சுருதிக் கட்டை போன்ற (consoles) அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன. இவை மேசை மீது பயன்படுத்தும் (desk top usage) வகையி லும், தேவைப்படும்போது கூடுதலான ஒளியூட்டப் பட்ட பொத்தான்களைப் பொருத்தும் வகையிலும் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. பிற சாவிக் கருவியமைப்பு கள், மேசை மீது உள்ள திறப்புகளில் திடீரென்று பொருத்தும் வகையில் (flush mounting) வடிவமைக்கப்படுகின்றன.



படம் 1. பொத்தான்களைக் கொண்ட சாவித் தொலைபேசி அமைப்பு

சாவித் தொலைபேசி அமைப்புகள் பலவகைப் பட்ட தேவையான வடிவங்களைக் கொண்டுள்ளன.

பிடிப்பு (hold). ஒரு சாவிப் பொத்தான் சிறிது நேரத்திற்கு மட்டும் இயங்கும்போது, உணர்த்திச் சுருணை (relay winding) ஒன்று தொலைபேசித் தொடர்பிற்குக் குறுக்காக இணைகிறது. இதைப் பயன்படுத்துபவரின் தொலைபேசி அமைப்பைத் தற்காலிகமாகக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பிலிருந்து

(held line) விலக்காமலேயே அவருடைய கருவியில் இருக்கும் மற்றொரு தொடர்புடன் இணைக்கவும், தொடக்கத் தொடர்புச் சாவியை (original line key) மீண்டும் இயக்குவதன் மூலம் பழைய நிலைக்கே கொண்டு வரவும் முடியும்.

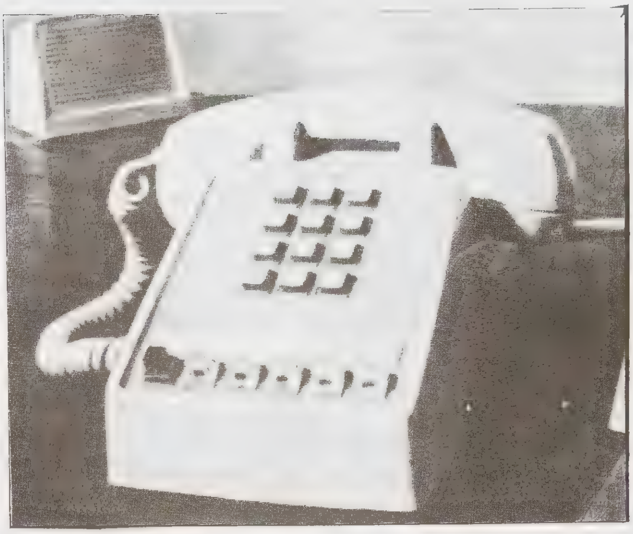
இடைச்செய்தித்தொடர்புக் குறியீடு. ஒன்று அல்லது இரண்டிலக்க எண்களைச் சுழல்வட்டில் இயக்குவதன் (dialing) மூலமாகவோ, கையால் அழுத்தக்கூடிய தள்ளுபொத்தானை அழுத்துவதன் மூலமாகவோ ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைபேசி இணைப்பை ஏற்படுத்த முடியும்.

முன்னரே முடிவு செய்யப்பட்ட மாநாட்டு அமைப்பு. (preset conference calling). தேவைப்படும் தொகுதியுடன் இணைக்க ஒன்று அல்லது இரண்டிலக்கக் குறியீட்டை (code) இயக்குவதன் மூலம் முன்னரே முடிவுசெய்த பல்வகைத் தொலைபேசித் தொகுதிகளை ஒரே நேரத்தில் அழைக்கலாம். சில அமைப்புகள் கையால் இயக்கக்கூடிய தள்ளு பொத்தான்களைக் கொண்டிருக்கும்.

ஒரு சாவி அமைப்புக் கருவியிலுள்ள தொலைபேசி, ஓர் இணைப்புடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கும் போது மற்றோர் இடத்திலிருந்து அழைப்பு வரும் போது, தொடர்பைத் துண்டிக்காமலேயே அழைப்பவரைச் சிறிது நேரம் காக்க வைக்கலாம். முதலில் தொடர்பு கொண்ட இணைப்புத் துண்டிக்கப்பட்டவுடன் இரண்டாம் இடத்தோடு தாமாகவே தொடர்பு கொள்ளும் வகையில் இது வடிவமைக்கப் பட்டுள்ளது. இச்சிறப்பமைப்பால், முக்கியமாகத் தேவைப்படும் அழைப்புகள் பிற அழைப்புகளுக்கு முன்னர் உள்ள இடத்துடன் இணைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறே தேவைப்படும்போது பிற தொலைபேசிகளை, அச்சாவி அமைப்புக்கருவியுடன் சேர்த்துக் கொள்ளவும் சிறப்பமைப்புகள் உள்ளன.

ஒலி வாங்கி (microphone), இணைப்பு-துண்டிப்பு (on-off) பொத்தான், ஒலிகட்டுப்படுத்தி, தனியாக இணைக்கப்பட்ட ஒலிபெருக்கி ஆகியவை ஒரு சிறிய தொலைபேசி உறைக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம்-2). தொலைபேசி அமைப்பு, சாதாரண முறையிலும் பயன்படுத்தப்படும். ஆயினும், அதைப் பயன்படுத்துபவர் அதைக் கையால் எடுக்காமலேயே இணைப்புப் பொத்தானை இயக்குவதன் மூலம் வேறோர் அழைப்புடன் தொடர்புகொள்ள முடியும். இவ்வகையில் மற்றொரு தொலைபேசி இணைப்பை அழைக்கும்போது, தொலை பேசியின் சுழல் வட்டைப் (dial) பயன்படுத்துவர். இந்நிலையிலும், கையால் எடுத்துப் பேசக்கூடிய அமைப்பு (hand set) அதற்குரிய அடிச்சட்டத்திலிருந்து (cradle) எடுக்கப்படுவதில்லை.

பெரும்பாலான அமைப்புகள் ஒரு தொலைபேசியை அல்லது ஒரு தொலைபேசித் தொகுதியை



படம் 2 கையால் எடுக்காமலேயே பேசக்கூடிய சாவித் தொலைபேசி அமைப்பு

அச்சாவிக்கருவி அமைப்பிலுள்ள அனைத்துத் தொடர்புகளிலிருந்து கையால் இயக்குவதன் மூலமாகவோ, தானாகவோ தனிமைப்படுத்தும் (privacy) வகையில் அமைந்துள்ளன. இவ்வமைப்புகள் அழைப்புகளின் இன்றியமையாமையின் அடிப்படையில் அவற்றை வரிசையாக நீக்கும் வகையில் உள்ளன. அதாவது குறைந்த சிறப்பு உள்ள அழைப்புகள் முதலில் துண்டிக்கப்படுகின்றன.

செயற்குழுத் தலைவருக்கான இணைப்பு (executive access). சில சாவிக்கருவிகளைப் பொருத்தும்போது தொலைபேசிகள், செயற்குழுத் தலைவரின் (executive) கீழ்ப் பணிபுரியும் பணியாளர்களின் தொலைபேசிகளுடன், அவை வேறு இணைப்புடன் தொடர்பு கொண்டிருந்தாலும் உடனடியாகத் தொடர்பு கொள்ளும் வகையில் அமைக்கப்படுகின்றன.

பிற சிறப்பியல்புகள். ஓரகத்தொடர்பு அமைப்புகளில் உள்ள பிற சிறப்பியல்புகள் எண்ணிடலங்கா. பொதுவாக உணர்த்திக் கருவி கட்டடங் கட்ட அடிப்படையில் (building block) வடிவமைக்கப்படுகிறது. இதனால் அனைத்துத் தேவைகளையும் இணைப்பதற்கு வசதி கிடைக்கிறது.

குறிப்பிட்ட பயன்பாடுகள். ஓரகத் தொடர்பு அமைப்புகள் வீடு, பண்ணை, மருத்துவமனை, தொழிலகம் முதலியவற்றிற்குப் பெரிதும் உதவியாக உள்ளன. வீட்டு இடைச்செய்தித் தொடர்புஅமைப்புகள் உள் குறியீடுகள் (local signals), கையால் எடுக்காமலேயே பேசுதல், கதவைத் தட்டுபவருக்கு வீட்டில் இருந்தவாறே பதில் கூறுதல் போன்ற சிறப்பியல்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

பண்ணைகளில் பயன்படுத்தும் இடைச்செய்தித் தொடர்பு அமைப்புகள் பண்ணை வீடு, தானியக் களஞ்சியம், வெளியிடப் பண்ணை ஆகியவற்றிற் கிடையே செய்தித் தொடர்பு கொள்ளும் வகையில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன., இவ்வமைப்புகள் மைய அலுவலகத்திலிருந்து வரும் அழைப்புகளுக்குப் பதிலளிக்கவும், மைய அலுவலகத்தை அழைக்கவும் ஏற்ற வசதிகளைப் பெற்றுள்ளன. பொதுவாக, அனைத்து இடைச்செய்தித் தொடர்பு நிலையங்களும் கையால் எடுக்காமலேயே பேசக்கூடிய வகையில் அமைந்துள்ளன. கட்டடத்திற்கு வெளியிலுள்ள இடங்களுக்கும் கேட்குமாறு உரத்து ஒலிக்கும் மணி களைக் (bells) கொண்டுள்ளன.

தொழிலகங்களில் பயன்படும் இடைச்செய்தித் தொடர்பு அமைப்புகள் பெரும்பாலும் கையால் எடுக்காமலேயே பதிலளிக்கும் வகையில் அமைந் துள்ளமையால், பிற இணைப்புகளுக்கான அழைப்பு களைத் தாமாகவே (automatically) ஏற்படுத்தவும் பதிலளிக்கவும் முடியும். மருத்துவமனைகளில் உள்ள இவ்வமைப்புகள் செவிலியர் நோயாளிகளைக் கவனிக் கும் போது ஏற்படும் உடனடித் தேவைகளைஈடு செய் வதற்கு உதவியாக உள்ளன.

உள் அமைப்பு. உள் அமைப்புகள் நாடு தழுவிய தொலைபேசிப் பங்கீட்டு அமைப்புடன் இணைக்கப் படுவதில்லை. அளவு, செயல்படும் முறை, அமைப்பு ஆகியவற்றால் இவை வேறுபடுகின்றன. பெரும்பா லான இவ்வமைப்புகள் உயர் ஈட்ட மிகைப்பிகளைக் (high gain amplifiers) கொண்டுள்ளன. இவற்றால் மைய நிலையத்திலுள்ள தள்ளு பொத்தான்களின் கட்டுப்பாட்டால் இயங்கும் துணை நிலையங்களி லும், அழைப்புகளைத் தெளிவாகக் கேட்க முடியும். பொதுவாக இந்த ஒலிபெருக்கிகள், எதிர்த்திசையில் பேசுவதற்குரிய ஒலிவாங்கியாகவும் (microphone) செயல்படுகின்றன.

- வா. அனுசுயா

ஓரதர்

காண்க: கட்டுப்பாட்டிதழ்

ஓரதர் இயக்கத் தொடர்

காண்க: கட்டுப்பாட்டிதழ் இயக்கத் தொடர்.

ஓரிடத்தி

வடிவியலில் ஒரு பரப்பிடத்தில் வரையப்படும் வெவ் வேறுவிதப் பாதைகளைப் பற்றி அறிந்து, பின்னர் பரப்பிடங்களை வகைப்படுத்துதல் ஓரிடத்தி (homotopy) எனப்படும். பொது முனைப்புள்ளிகளையுடைய இரு பாதைகளில் ஒன்று அதன் முனைப் புள்ளிகளி லிருந்து விலகாமல் தொடர்ச்சியாக, மற்றபாதையாக உருத்திரிபு பெற்றால் அவ்விரு பாதைகளும் ஓரிடத்தி களாகும். மேலும் அடிப்புள்ளியில் தொடங்கப் பெற்று மீண்டும் அதே புள்ளியில் முடிவடையும் மூடிய பாதைகளும் ஓரிடத்திகளாகும். இயற்கணிதத்தில் இவை ஒரு குலமாகக் கருதப்படும். பரப்பிடத்தின் தன்மைக்கேற்ப, குலத்தின் அமைப்பு வேறுபடும். துளையே இல்லாத பரப்பிடத்தில் எல்லா மூடிய பாதைகளும் ஓரிடத்திகளாகும். ஒரே ஒரு துளை யுள்ள பரப்பிடத்தில் அந்தத் துளையைச் சுற்றி எத் தனை தடவை வளைந்து, வளைந்து செல்கிறதோ அத்தனை முறை ஓரிடத்திகளாகும். இப்பிரிவுகள் சமமாகவும் இருக்கும்.

ஒரு பாதை, மற்றொரு பாதையாக உருத்திரிபு பெறுவதைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். ஒரு புள்ளி யில் தொடர்ச்சியாக உள்ள புள்ளிகளுடன் (0,1) என்ற இடைவெளியில் உள் புள்ளிகளைக் கொண்ட சார்புடன் ஒரு பாதையைத் தொடர்புபடுத்துவதால், இடைவெளியில் உள்ள சுற்றுப்புறப் புள்ளிகள், பாதையில் உள்ள புள்ளிகளுக்கு ஒத்திருப்பனவாகும். f (x), g (x) என்ற இரண்டு பாதைகளுடன் h (x, t) என்ற ஓரிடத்திச் சார்பு தொடர்புடையதாகும். x, t என்ற இரண்டு மாறிகளையுடைய சார்பு $t=0$ ஆனால் f (x) க்கும், $t=1$ ஆனால் g (x) க்கும் சம மாகும். மேலும் t, 0விலிருந்து 1க்கு மாறும்போது பரப்பிடம் மாறாமல், உருத்திரிபு அடைகிறது. ஓரிடத்திக்குலங்கள் உயர அளவு வடிவங்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்டாலும், அவற்றின் அமைப்புகளைக் கணிப்பது எளிதன்று. ஆகையால் இவற்றிற்கு அமைப்பு ஒப்பியல் குலங்கள் (homology groups) பயன்படுகின்றன.

- பங்கஜம் கணேசன்

ஓரிதழ்த் தாமரை

இது வயலேசி (Violaceae) என்ற இரு வித்திலைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகும். இதைத் தாவரவிய லர்கள் ஹைபேந்தஸ் என்னியேஸ்பர்மஸ் (*Hybanthus ennea spermus*) என்று கூறுவர். இதன் பழைய கலைப் பெயர் அயோலிடியம் ஸஃப்ருடி கோசம் (*Ionidium suffrnticosum*) என்பதாகும். இச்செடி வெப்ப

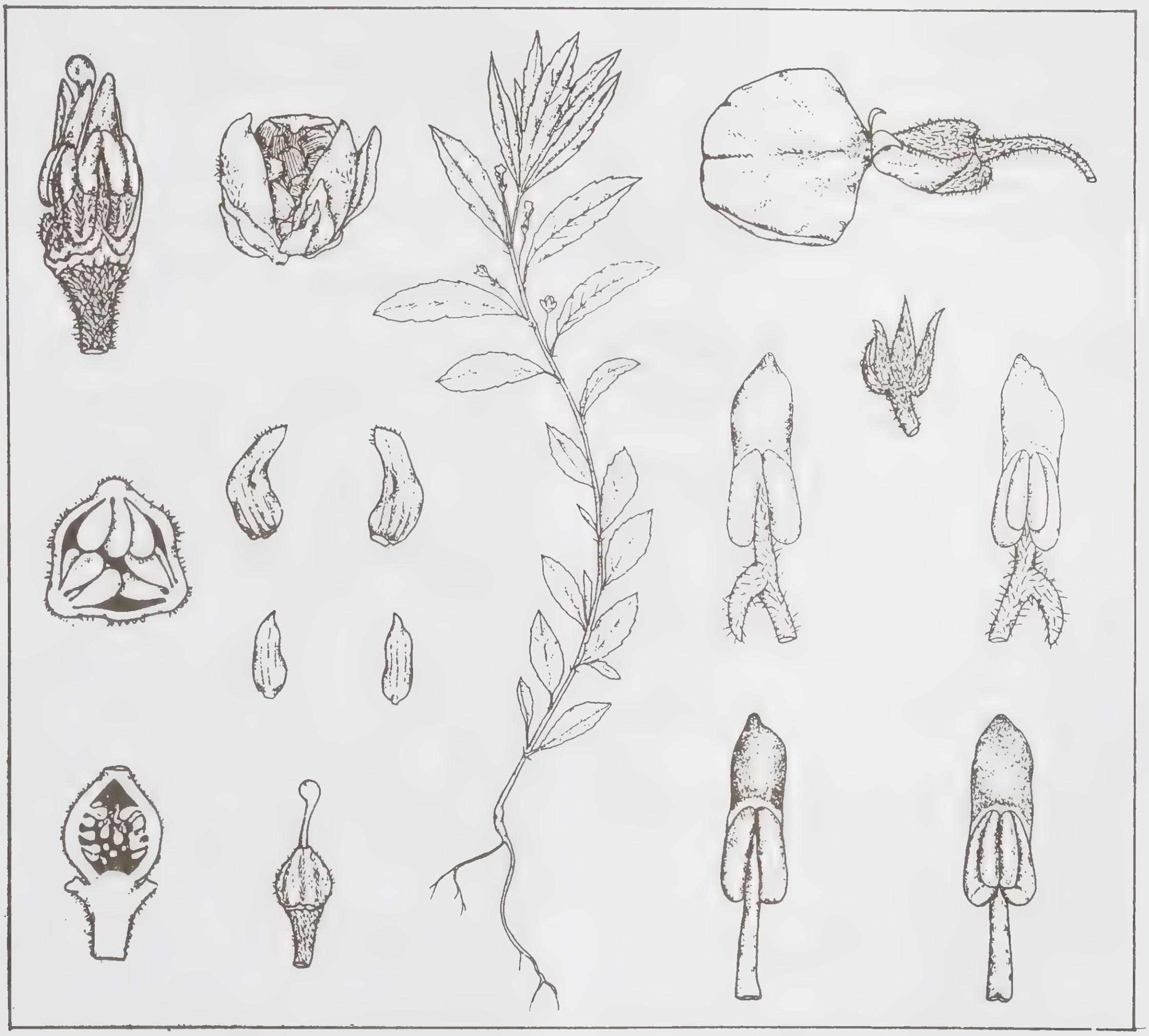
நாடுகளான ஆப்பிரிக்கா, தென் ஆசியா, ஆஸ்திரேலியா ஆகிய இடங்களில் காணப்படுகிறது. தமிழ் நாட்டின் புல்தரைகள் பாதையோரங்கள் காடுகள் ஆகிய இடங்களில் இது தன்னிச்சையாக வளரக் கூடியது.

வளரியல்பு. ஓரிதழ்த் தாமரை சிறுசெடியாகும். ஆனால் கீழ்மட்டத்தில் மிகு அளவில் கிளைப்பதால் செடியைப் போன்ற தோற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும். இது 25 செ.மீ. உயரம் வளரக்கூடியது. தண்டின் அடிப்பகுதி கட்டைபோலிருக்கும்; ஆணி வேர் கொண்டது.

இலை. மாற்றடுக்கில் அமைந்தவை. அரிதாக எதிர் அடுக்கமைப்பும் காணப்படும். காம்பு மிகவும் சிறியது, இலைப்பரப்பு நீண்டு, ஈட்டி முனை போலிருக்கும். விளிம்பு ரம்பப்பல் அமைப்புக் கொண்டது. இலைப்பரப்பு 1 - 1.5 செ.மீ. நீளமானது.

மலர். தனித்தவை; இலைக்கோணத்தில் அமைந்திருக்கும்; சிவப்பு வண்ணம் கொண்டவை; 5-8 செ.மீ. குறுக்களவு கொண்டவை; பூக்காம்பு இணைந்தது; 1-1.5 செ.மீ. நீளமானது.

புல்லி. 5, அடியில் மட்டும் இணைந்தவை; சமமில்லாதவை; அல்லிகள் 5, தனித்தவை. கீழ்ப்புற



படம் ஓரிதழ்த் தாமரை

1. மலர் 2. காய்

அல்லி நீண்டு நுனி அரை வட்டமாகவும், அடி குறுக லாக நகம் போலவும் இருக்கும். இந்த இதழின் அடி யில் கூர் குழல் (spur) போன்ற அமைப்புக் காணப் படும். பக்க இதழ்கள் இரண்டும் அரிவாள் வடிவில் காணப்படும். மேற்புற இதழ்கள் இரண்டும் சிறியவை. அனைத்து இதழ்களும் சிவப்பு வண்ணத்துடனும் விளிம்புகள் அடர் வண்ணத்துடனும் காணப்படும். மகரந்தத்தாள்கள் 5, ஒன்றாக இணைந்தவை. கீழ்ப் புறம் உள்ள 2 அல்லது 4 மகரந்தப் பைகள் ஒரு புறம் வீங்கியோ குழல் போன்ற நீட்சியுடனோ இருக்கும்.

சூலகம். முட்டை வடிவமும், 3 சூலிலைகளும் கொண்டது. சூலறை ஒன்று, சூல்கள் பல; உட்சுவர் ஒட்டு முறையில் 3 இடங்களில் இணைந்து காணப் படும். சூல்தண்டு வளைந்திருக்கும். நுனி தலைவடி வம் கொண்டது. கோணலானது.

கனி. வெடிகனி, 3 வரிகள் கொண்டது.

விதை. குறைவு; உருண்டையானது. புறத் தோல் நொறுங்கத்தக்கது; வரிகள் கொண்டது. செடி களில் பூக்களையும், காய்களையும் ஆண்டு முழுதும் காணலாம்.

மகரந்தச்சேர்க்கை. பூச்சி மூலம் நடைபெறுகிறது. பூக்களின் வண்ணம், இதழிலுள்ள குழல் போன்ற பகுதி, மகரந்தப் பைகளிலுள்ள சுரப்பிகள் ஆகியவை பூச்சிகளை ஈர்க்கப் பயன்படுகின்றன.

பயன். ஓரிதழ்த்தாமரையைப் புருஷரத்தினம் என்று குறிப்பிடுவதுண்டு. நாட்டு மருத்துவத்தில் இச்செடி பெரும்பங்கு கொள்கிறது. இது ஆற்றல் தரும் ஊட்ட நீர்மம் ஆகும். இது சிறுநீர்ப் போக்கைப் பெருக்க வல்லது. தோளிலும் சவ்வுப் பகுதிகளிலும் அரிப்பு ஏற்பட்டால் அதை மாற்றும் குணமுடையது. மலை இனத்தவர்களான சாந்தவர்கள், இச்செடியின் வேரைக் குழந்தைகளின் குடல் தொடர்பான நோய் களுக்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். இலைகளையும், இளந்தண்டுகளையும் பொடி செய்து தேன் அல்லது பாகுடன் சேர்த்து உட்கொள்ளலாம். சிலர் இவற் றைக் கொண்டு சாறு தயாரிக்கின்றனர். வேரைக் கொண்டு பாலின நோயான கோனேரியா மற்றும் சிறுநீர் நோய்கள் போன்றவை கட்டுப்படுத்தப் படும். இலைகளை எண்ணெயுடன் சேர்த்து மேற் பூச்சு மருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது. இப்பூச்சிமருந் தால் தலையில் பற்றுப்போட்டால் குளிர்ச்சி ஏற்படு கிறது. ஆப்ரிக்காவில் இச்செடி சூல்கொண்ட அல்லது பிள்ளை பெறும் நிலையிலுள்ள பெண்மணி களுக்கு, நல்மகப்பேற்றுக்காக உணவுடன் கொடுக் கப்படுகிறது. செடியைக் கொண்டு தயாரிக்கும் சாறு நினைவாற்றலையும் வலிமையையும் கொடுக்க வல்லது,

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம்

மிகவும் ஒளியுடைய ஒண்முகிற்படலங்களில் ஒன்றான ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம் புவியிலிருந்து ஏறக்குறைய 500 பார்செக் ($30,857 \times 10^{13}$கி. மீ) தொலைவில் உள்ளது. 35 நொடிக் கோணமுடைய வில் நீளத் திற்குப் பரந்துள்ள இது வெற்றுக்கண்ணாலேயே பார்க்கக் கூடிய அளவிற்கு ஒளியுடையதாகும். அயனி யாக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனையும், பலவகைப்பட்ட மேகம் குழுக்கள் தூசு கலந்த பகுதியையுமுடைய ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம் சாய்வு சதுர அமைப்பில் வெப்பம் மிகுந்த நான்கு விண்மீன்களை மையமாகக் கொண்டுள்ளது. இவற்றின் ஒளிர்மை சூரிய ஒளியை விட 3×10^{13} மடங்கு மிகுதியாக உள்ளது. ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம் எக்ஸ் கதிர்களை வெளியிடுகின்றது. இதன் மெசையர் எண்ணிக்கை M 42 உம் பொதுப் பட்டியல் எண்ணிக்கை NGC 1976 உம் ஆகும்.

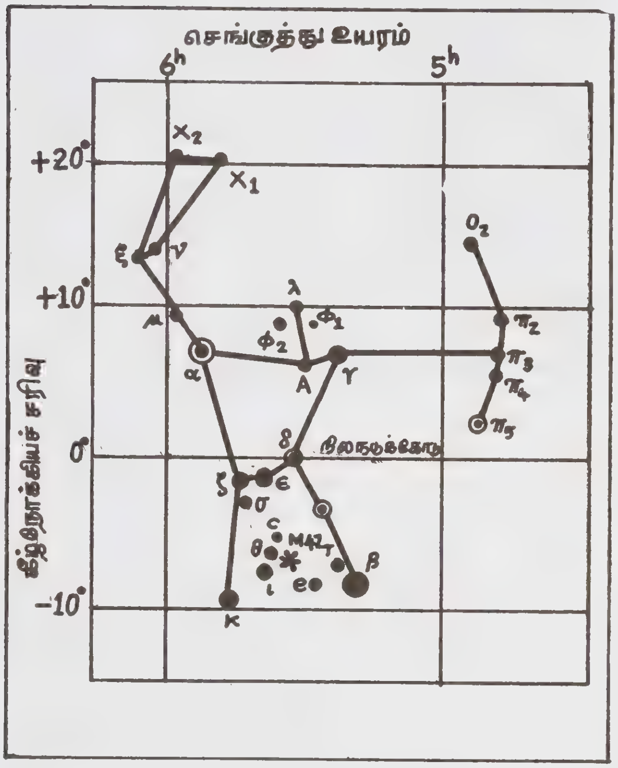
- பங்கஜம்கணேசன்

ஓரியன்விண்மீன்குழு

வான நடுவரையின் மீது அமைந்துள்ள ஓரியன்(orion) விண்மீன் குழுவின் முழுப்பகுதியையும் உலகின் பெரும்பாலான பகுதிகளில் வாழும் மக்களால் காண முடியும். வானநடுவரை இக்குழுவை ஏறக்குறைய இரு சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கிறது. அமைப்பில் இது வேடுவன் போலிருப்பதால் இதை வேடுவன் விண்மீன் குழு என்றும் கூறுவதுண்டு. இதன் வல ஏற்றம் (right ascension) 5 மணி 30 நிமிடம். நடுவரை விலக்கம் (declination) 0° ஆகும்.

ஓரியன் விண்மீன் குழுவில் பல ஒளிமிக்க விண் மீன்கள் உள்ளன. இக்குழுவில் உள்ள ஏறத்தாழ 73 விண்மீன்களின் பொலிவுப்பரிமாணம் பூஜ்யத்துக்கும் 5-க்கும் இடைப்பட்டதாகும். வேடுவனின் வலத் தோளில் திருவாதிரை (Betelgeuse) எனப்படும் α-விண்மீனும், இடத்தோளில் பெல்லாடிரிக்ஸ் (Bellatrix) என்பப்படும் γ-விண்மீனும், இடக்கால் பகுதியில் ரீகல் (Rigel) என்னும் β-விண்மீனும் அமைந்துள்ளன. உடலின் மையப்பகுதியில் அல்னிலம் (Alnilam) என்னும் விண்மீன் அமைந்துள்ளது. திருவாதிரை, பெல்லாடிரிக்ஸ், ரீகல் என்னும் மூன்று விண்மீன்களும் ஏறக்குறைய வான நடுவரைக்கு அருகில் அமைந் துள்ளன. α, β, γ விண்மீன்கள் இணைந்து உருவாகும் நாற்கர அமைப்பின் உள்பகுதியில் ஓரியன் பட்டை (orion belt) அமைந்துள்ளது. இப்பட்டை மூன்று இரண்டாம் தர விண்மீன்களாலானது. இவை முறையே அல்னிலாம், (ϵ), அல்னிடாக் (Alnitak'ζ), மின்டாகா (Mintak, δ) ஆகும். இதன் தென் பகுதியில்

ஓரியன் ஒண்முகிற்படலமும் அதன் அருகில் 43 ஒண் முகிற்படலமும் அமைந்துள்ளன, மேலும் குதிரைத் தலை ஒண்முகிற்படலமும், பர்னார்டு வளையமும் (Barnard's loob) இக்குழுவில் உள்ளன.



இக்குழுவில் உள்ள ∝ விண்மீன் ஓர் ஒழுங்கற்ற மாறும் (irregular variable) விண்மீன் ஆகும். ஆரஞ்சு வண்ணமுடையது; இதன் பொலிவுப் பரிமாணம் 0.06 ... 0.75 வரை மாறுபடக் கூடியதாகும். சராசரி ஒளித்தரம் 0.41; இது புவியிலிருந்து 545 ஒளி யாண்டுத் தொலைவில் அமைந்துள்ளது; ஓரியனின் ஒளியைப்போல் 15.150 மடங்கு மிகு ஒளியுடைய தாகும். β-விண்மீனின் பொலிவுப்பரிமாணம் ஒன்று ஆகும். இது வெண்நீல வண்ணமுடையது. காண்ப தற்கு இரட்டை விண்மீன் போலத் தோன்றினாலும் இது, மூன்று விண்மீன்களின் கூட்டமைப்பாகும். சூரியனின் ஒளியைப் போல் 208.000 மடங்கு ஒளி உடையதாகும்.

இக்குழுவில், சூரியன் கூட்டமைப்பும் (orion association) உள்ளது. இது ஏறத்தாழ 1000 விண் மீன்களையும் மூன்று விண்மீன் முடிச்சுகளையும் கொண்டதாகும். அவை லேம்படா ஓரியனிஸ் (λ-orion), பட்டைக்குழு (belt group) டிரபீசியம் (trapezium) விண்மீன் முடிச்சு என்பவையாகும். இக் குழு வானக் கோளத்தில் 594.1 சதுரப் பாகைகள் இடப்பரப்பில் உள்ளது.

- பெ. வடிவேல்

ஓரியல்பு இயற்கணிதம்

மிக வேகமாக வளர்ச்சியடையும் கணிதத்தின் ஒரு புதிய பிரிவு ஓரியல்பு இயற்கணிதம் (homological algebra) ஆகும். இயற்கணிதத்தில் உள்ள பல்வேறு பிரச்சினைகளின் தீர்வுகாண ஓரியல்புத் தத்துவங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

கலப்புப்பகுதிகளின் ஓரியல்பும் இணை ஓரியல்பும் (homology and cohomology of complexes). ξ ஓர் அபீலியன் வகையினம் (abelian category) ஆனால் ஓர் இணைச் சங்கிலிக் கலப்புப் பகுதி (cochain complex) என்பது c^n என்ற பல்வேறு பொருள்களும் $d^n\ c^n \longrightarrow c^{n+1}$ என்ற கோத்தல்களும் (morpbisms) அடங்கியுள்ள அபீலியன் வகையினமாகும். இங்கு n ஒரு முழு எண்ணாகவும் கோத்தல்கள் $d^{n+1}\ d^n\ d^n = 0$ என்ற விதிக்கு உட்பட்டும் இருக்க வேண்டும். இங்கு, d^n வகையிடல் அல்லது வரப்புச் செயலிகள் (boundary operators) ஆகும். d^{n-1} இன் நிழல் (image) $\text{Im} d^{-n} d^n$ ஐ B^n (c) என்றும் d^n இன் கருமூலம் (kernal - ker d^n ஐ) z^n (c) என்றும் கொண்டால் $o \rightarrow B^n\ (c) \longrightarrow z^n\ (c)\ (H^n\ (c) \longrightarrow o)$ என்ற பொருத்தமான வரிசைத் தொடரால் (exact sequence) இணை ஓரியல்பு H^n (c) வரையறுக்கப்படுகிறது.

$n < o$ ஆகும்போது $c^n = o$ என்றால் c-ஐ நேர் மக்கலப்பு என்றும், $n > o$ ஆகும்போது $c^n = o$ என்றால் c ஐ எதிர்மக் கலப்பு என்றும் கூறப்படும். நேர்ம மேல் பின்னடைவுகளையும் (positive super scripts) எதிர்மக் கீழ்ப்பின்னடைவுகளையும் (negative subscripts) ஒன்றுக்கொன்று இடமாற்றம் செய்யும் போது c^nக்குப் பிரதியாக c_{-n} என்று எழுதலாம். இப்போது வகையீடல்கள் $d_n : c_n \rightarrow c_{n-1}$ என்று வரும். இங்கு c சங்கிலிக் கலப்பு என்று பெயர். மேலும் $I_n\ d_{n+1}$ க்கு ker d_n மேலுள்ள ஈவு n-ஆவது ஓரி யல்பு H_n (c) எனப்படும். பொதுவாக எதிர்மக் கலப்புப் பகுதிகளை இம்முறையில் வரையறுக்க இயலும். R மட்டுகளின் (R - modules) R^m வகையில் C^n, Z^n, B^n, B^n, H^n, H^n, முதலியவை கணங்களாக (sets) வந்தால் அவற்றின் மூலகங்கள் (elements) முறையே இணைச்சங்கிலிகள் இணைச் சுற்றுகள் (cocycles), இணை வரம்புகள் (coboundaries) இணை ஓரியல்பு வகுப்புகள் (cohomology classes) என்று குறிக்கப் படுகின்றன.

$z \longrightarrow c$ சார்பன்களாகக் (functors) கொண்டால் $f: c \rightarrow c'$ என்ற கோத்தல் ஓர் இயற்கை உரு மாற்றம் (transformation) ஆகும். இங்கு z ஒரு முழு எண் கணமாகும். அதாவது $f^{n+1} \circ d^n = d^n o f^n$ என்ற விதிக்கு உட்பட்டு $f^n : c^n \rightarrow c'^n$ ($n \in \pi$) கோத்தல் களின் குடும்பம் (family of morphisms) ஆகும்.

இது $H^n(c) \rightarrow H^n(c')$ என்ற இணை ஓரியல்புகளின் கோத்தல்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. $D \rightarrow C$ என்ற (monomorphisrns) சரியொத்த வகுப்பு (equivalence class) c இன் உட்கலப்பு (sub complex) எனப்படும். இதை அந்த வகுப்பின் Dஎன்ற பிரதிநிதி (representative) ஆல் குறிப்பிடலாம்.

$$d_1:c^{p,q} \rightarrow c^{p+1,q} \quad d_{11}:c^{p,q} \rightarrow c^{p,q+1}$$

என்ற இருவகையீடல்களும் $d_1^2 = d^2_{11} = 0, d_1 d_{11} = d_{11} d^2_1$ என்ற விதிகளுக்கு உட்பட்டு $c^{p,q}$ என்ற பொருள்களும் அடங்கியுள்ள கலப்புப் பகுதி ஓர் இரட்டைக் கலப்பு (bicomplex or double complex) எனப்படும். $c^n = \sum_{p+q=n} c^{p,q}$ என்று எடுத்துக்கொண்டால், இரட்டைக் கலப்பு ஒற்றைக் கலப்பாக மாறும் இங்கு $c^{p,q}$இன் மேல் வகையீடல் $d = d_1 + (-1)\ bd_{11}$ என்று வரும். dஐ முழு வகையீடல் (total differentiation) என்றும் d_1, d_{11} ஆகியவற்றைப் பகுதி வகையீடல்கள் (partial differentiation) என்றும் குறிப்பிடலாம்.

பொருத்தமான வரிசைத் தொடர்கள். C, C′ என்ற இரு அபீலியன் வகையினங்களை எடுத்துக்கொண்டால் C இல் பொருத்தமான தொடர் வரிசைகள் C′ இல் உள்ள பொருத்தமான தொடர் வரிசைகளுக்கு மாற்றும் $T;C \rightarrow C'$ என்ற இணைமாறிச் சார்பன் (covariant functor) பொருத்தம் ஆகும். $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ என்ற ஒவ்வொரு குறுகிய வரிசைத் தொடருக்கும் $T(A) \rightarrow T(B) \rightarrow T(C)$, $O \rightarrow T(A) \rightarrow T(B) \rightarrow T(C)$, $T(A) \rightarrow T(B) \rightarrow T(C) \rightarrow O$ என்ற வரிசைத் தொடர்கள் பொருத்தமாக அமைந்தால் இவற்றை முறையே பாதிப்பொருத்தம், இடப்பொருத்தம், வலப்பொருத்தம் எனலாம். முரண்மாறிச் சார்பன்களுக்கும் (contravariant functor) இவ்வரையறைகள் பொருந்தும்.

மட்டுகளின் வகையினங்கள். (categories of modules) Aஐ ஏதேனும் ஒரு பொருள் என்றும், Bஐ அதன் ஓர் உட்பொருள் (sub object) என்றும் $\{A_i\}$ ஐ முழுதும் வரிசைப்படுத்தப்பட்ட உட்பொருள்களின் குடும்பம் (totally ordered family of subgroups) என்றும் கொண்டு அபீலியன் வகுப்பு ξ க்கு ஓர் உருவாக்கி (generator) எப்போதும் நேர்கூட்டுகள் (direct sums) தோன்றுவதாகவும் $(\cup A_i) \cap B = \cup (A_j \cap B)$ என்ற சமன்பாடு பொருந்துவதாகவும் இருந்தால் C என்பது ஒரு குரோத்தென்டீக் (grothendieck) வகையினம் எனப்படும். அபீலியன் வகையினங்களை R^m வழியாகக் கருதும்போது முழு பதித்தல் (full embedding) தேற்றத்திலிருந்து பல உண்மைகளைக் காண இயலும்.

ஒரு பொருள், ஒரு விடுபட்ட மட்டு நேர்கூட்டல் பொருளுக்கு இயல்முறை மாற்றக் கோத்தலாக இருந்தால் அப்பொருள் வீழச்செய்தல் என்ப்படும். எந்த ஒரு வீழச்செய்தல் மட்டும் பல்வேறு வீழச்செய்தல் மட்டுகளின் எண்ணிக்கை உருவாக்கிகளின் நேர்கூட்டு ஆகும். எல்லையுடைய உருவாக்கப்பட்ட வீழல்செய்த (finitely generated projective) $P_1 P_2$ அலகுகள் சமமாக இருக்க வேண்டுமானால் $P_1 \oplus F_1 = P_2 \oplus F_2$ என்ற நேர்கூட்டல் விதிக்கு உட்பட வேண்டும். இங்கு F_1, F_2 எல்லையுடைய உருவாக்கப்பட்ட வீழல் செய்த மட்டுகளாகும். நேர்கூட்ட அமைப்பைப் பொறுத்து இந்த ஒத்த வகுப்புகள் ஓர் அபீலியன் குலத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த அபீலியன் குலம் K என்ற வளையத்தின் (ring) வீழல் வகுப்புக் குலம் எனப்படும். ஓர் அடர்த்திவெளியின் (compact space) மேலுள்ள கலப்புகளின் திசையக் கட்டுகள் (complex vector bundles) c(x) இன் மேலுள்ள வீழல் மட்டுகளின் வகைக்கு ஒத்து இருத்தல் வேண்டும். இங்கு c(x) என்பது கலப்பு எண்கள் மதிப்புடைய தொடர்ச்சியான சார்புகளின் வளையம் (ring of complex valued continuous functions) ஆகும். இது போல் பல்வேறுபட்ட வெளிகளுக்கும் கட்டுகளுக்கும் வரையறுக்க இயலும்.

சேர்ப்பு இயற்கணிதங்களுக்கு இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடுகள். (cohomology theory for associative algebras) ஒரு பரிமாற்று வளையம் (commutative ring) K இன் மேல் $\wedge$ ஓர் இயற்கணிதமெனவும், A ஓர் இருபுற மட்டு (two sided A module) எனவும் கொள்ளலாம். $\wedge$ விலிருந்து A க்குச் செல்லும் அனைத்து n -நேரியல் அமைப்பு மாற்றங்களின் (all n-linear mappings) அலகுகளை C^n என்று கொள்ளலாம். இந்த அலகுகள் n இணைச் சங்கிலி எனப்படும். இணை வரம்புச் செயலி (coboundary operator)

$$\delta^n: C^n \rightarrow C^{n+1} \text{ ஐ } (\delta^n f)(\lambda_{11}, \ldots \lambda_{n+1}) = \lambda_1 f(\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_{n+1}$$

$$+ \sum_{i=1}^{n} (-1)^j f(\lambda_1 \ldots \lambda_i, \lambda_{i+1} \ldots \lambda_{n+1}$$

$$+ (-1)^{n+1} f(\lambda_1 \ldots \lambda_n)\lambda_{n+1}$$

என்று வரையறுக்கலாம். எனவே இங்கு $H^n(\wedge, A)$ என்று குறிக்கப்பட்ட இணைஓரியல்பு கிட்டும். இந்த இணை ஓரியல்புக்கெழு மட்டு (coefficient module) A இன் ஹோஷிடின் இணை ஓரியல்புக் குலம் (Hoschied's cohomology group) எனப்படும்.

லீ இயற்கணிதங்களின் இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடு. (cohomology theory of lie algebras). k என்ற ஒரு பரிமாற்று வளையம் மேல் g ஒரு லீயின் இயற்கணிதமானால் அணைவுறை இயற்கணிதம்

(enveloping algebra), $u = u(g)$, k இன்மேலுள்ள ஒரு குறை நிரப்பு (supplemented) இயற்கணிதமாகும்.

k என்ற அலகு g இன் மேல் $\wedge_k(g)$ வெளி இயற் கணிதம் (exterior algebra) எனக் கொண்டு

$$d\,(x_1 \dots x_n) = \sum_{i=1}^{n} (-1)^{i+1}\, x_i\, (x_1 \dots \hat{x}_i \dots x_n)$$

$$+ \sum_{i \leq j,\ j \leq w} (-1)^{i+j}\, [(x_i,\, x_j)\, x_i \dots \hat{x}_i \dots \hat{x}_j \dots x_n)$$

என்று வகையீடலை வரையறுக்கலாம்.

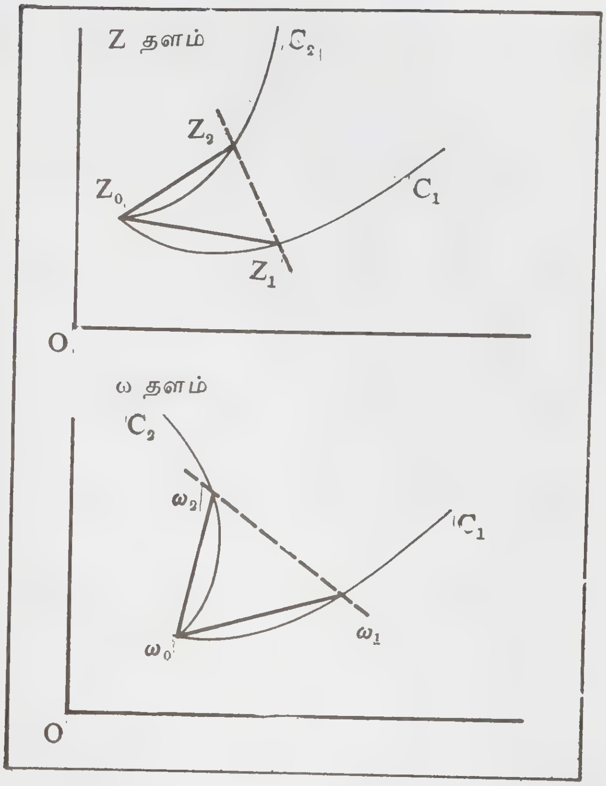
- என். ஸ்தாணுமூர்த்தி

ஒருருவமாக்கல்

ஓர் ஆய அமைப்பிலுள்ள புள்ளிக் கணம் வேறு ஓர் ஆய அமைப்பிலுள்ள நேரிணையான புள்ளிக்கணமாக மாற்றப்படுகிற கணிதச் செயல்முறை ஒருருவமாக்கல் (conformal mapping) எனப்படும். x,y தளத்தில் அமைந்த E என்ற புள்ளிக் கணத்தை $u = u(x, y)$ என்ற நிலையிலிருந்து $v = v\,(x,y)$ என்ற நிலைக்கு மாற்றும் போது E இன் ஒவ்வொரு புள்ளியும் uv தளத்திலுள்ள ஏதோ ஒரு புள்ளிக்கு நேரிணையாக இருக்கும். (x,y) என்ற தனித்த புள்ளிகள் (u,v) என்ற தனித்த புள்ளிகளாக மாற்றப்படுமானல், இத்தகைய மாற்றம் ஒன்றுக்கு ஒன்று தன்மையுடையதாகும். இதே போன்று முக்கோணங்கள் சிறிய முக்கோணங்களாக மாற்றப்படுமானால், இத்தகைய மாற்றம் ஒருருவமாக்கல் எனப்படும். முக்கோணங்களின் அளவு குறையக் குறைய ஒருருவமாக்கல் இலட்சியத் தன்மையை அணுகும். அனைத்து வகைச் சிறிய வடிவங்களையும் சிறு முக்கோணங்களாகப் பிரிக்க முடியுமாதலால், அனைத்துச் சிறிய வடிவங்களையும் அதே போன்ற சிறிய வடிவங்களாக மாற்ற முடியும்.

சுழியல்லாத வகைகெழு(derivative) கொண்ட ஒரு பகுமுறைச் சார்பெண் (analytic function) வரையறுக்கும் மாற்றம் ஒருருவமாக்கலாகும். எடுத்துக் காட்டாக $\omega = f\,(z)$, $z = x + iy$, $\omega = u + iv$ என்ற மாற்றம் ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற தன்மையில் $z = z_0$, $\omega = \omega_0 = f(z_0)$ ஆகியவற்றுக்கு மாற்றக் கூடியதாக இருக்கலாம். C_1, C_2 என்ற இரு சீரான வளைகோடுகள் z_0 என்ற புள்ளியில் வெட்டலாம். அவற்றின் பிம்பங்களான C'_1, C'_2 ஆகியவை ω_0 என்ற புள்ளியில் சந்திக்கலாம். (படம் 1).

z_1, z_2 ஆகிய புள்ளிகள் முறையே C_1, C_2 ஆகியவற்றிலும், ω_1, ω_2 ஆகியவை முறையே C'_1, C'_2 ஆகியவற்றிலும் அமைந்திருக்கின்றன. $z_0 z_1 z_2, \omega_0 \omega_1 \omega_2$ ஆகிய நேர்கோட்டு முக்கோணங்களுக்கு z_0, ω_0 ஆகிய புள்ளிகளில் முறையே



படம் 1 z தளத்திலிருந்து ωதளத்திற்கு வளைகோடுகளை மாற்றுதல்

$$\arg \frac{z_2 - z_0}{z_1 - z_0}\ ,\ \arg \frac{\omega_2 - \omega_0}{\omega_1 - \omega_0}$$

ஆகிய கோணங்கள் உள்ளன. இங்கு **arg** என்பது கூட்டு எண்ணின் வீச்சு அல்லது மாறியைக் (argument) குறிப்பிடுகிறது. z_0, ω_0 ஆகிய கோணங்களை அடுத்துள்ள முக்கோணப் பக்கங்களுக்கிடையிலான தகவுகள் $\left|\frac{z_2 - z_0}{z_1 - z_0}\right|$, $\left|\frac{\omega_2 - \omega_0}{z_1 - z_0}\right|$ ஆகும்.

$f'\,(z_0)$ என்ற சார்பெண் இருப்பதாக வைத்துக் கொண்டால்

$$\lim_{z_1 \to z_0} \frac{\omega_1 - \omega_0}{z_1 - z_0} = \lim_{z_2 \to z_0} \frac{\omega_2 - \omega_0}{z_2 - z_0} = f'(z_0) \neq O$$

எனவே $$\arg \frac{\omega_2 - \omega_0}{\omega_1 - \omega_0} - \arg \frac{z_2 - z_0}{z_1 - z_0} \to O \quad \dots\dots(1)$$

$$\left|\frac{\omega_2 - \omega_0}{\omega_1 - \omega_0}\right| \Big/ \left|\frac{z_2 - z_0}{z_1 - z_0}\right| \to 1 \qquad \dots\dots\dots\dots(2)$$

இவ்வாறு முக்கோணங்கள் சிறியனவாயிருக்கும்போது அவை ஏறத்தாழ வடிவொத்தவையாக உள்ளன. Z_0, ω_0 ஆகிய கோணங்கள்ஏறத்தாழச் சமமாக உள்ளன. ஒரு முக்கோணத்தில் அடுத்தடுத்த பக்கங்களுக்கிடையிலான தகவு மற்ற முக்கோணத்தில் நேரிணையான அடுத்தடுத்த பக்கங்களுக்கிடையிலான தகவுக்கு ஏறத்தாழச் சமமாக இருக்கும். முக்கோணப் பக்கங்களின் அளவு குறைந்து சுழியை அணுகும்போது இந்தத் தோராயங்கள் லட்சியத் தன்மையை அணுகுகின்றன. இதிலிருந்து c_1', c_2' ஆகியவற்றின் நாண்களுக்கு (chords) இடையிலான கோணங்கள் c_1', c'_2 ஆகியவற்றின் நாண்களுக்கு இடையிலான கோணங்களுக்குச் சமமான மதிப்புகளை அணுகுகின்றன எனத் தெரிகிறது. எனவே ஒருருவமாக்கலில் வளைகோடுகளுக்கிடையிலுள்ள கோணங்கள் மாறாது வைக்கப்படுகின்றன. அவை உண்மையில் இயல்பிலும் எண் மதிப்பிலும் மாற்றமடைவதில்லை.

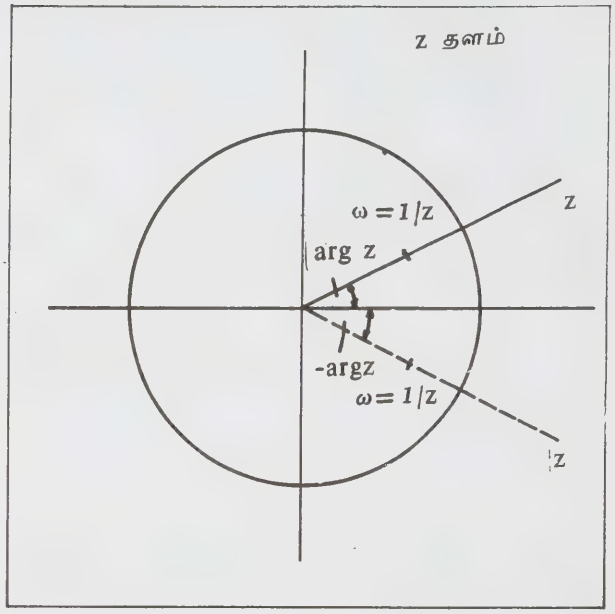
ஓர் ஒருருவமாக்கல் வடிவம், சுழியாகாத வகைக்கெழுக்களைக் கொண்ட ஒரு பகுசார்பெண்ணால் வரையறுக்கப்படக் கூடியதாக இருக்க வேண்டும் எனக் கூற முடியும். ஒருருவத் தன்மை என்ற சொல் ஒரு பரப்பு வேறு ஒரு பரப்பாக மாற்றப்படுவதற்கும் பொருந்தும்; இவை புவியின் ஒரு பகுதிப் பரப்பை ஒரு தளப்பரப்பில் மாற்றி வரைவது போன்ற செயல்முறைகள். சிறிய மண்டலங்களை ஒரு தளப்பரப்பில் மாற்றி வரையும்போது அவற்றின் பரிமாணங்கள் குறைந்தாலும் வடிவங்கள் மாறுவதில்லை.

சுழியான வகைக்கெழு உள்ள ஒரு பகுமுறைச் சார்பெண்ணால் வரையறுக்கப்படுகிற ஒரு திணைப் படம் (map) ஒருருவமாக்கல் தன்மையைப் பெற்றிருக்க முடியாது. எடுத்துக்காட்டாக $z=0$, $\omega=0$ ஆகிய புள்ளிகளின் அண்மையில் நிகழ்த்தப்படும் $\omega = z^2$ என்ற மாற்றத்தை $\triangle \omega \; (\triangle z^2)$ என எழுதலாம். அப்போது $\text{Arg}\,(\triangle \omega) = 2 \arg\,(\triangle z)$, $\arg\,(\triangle_1 \omega) = 2 \arg\,(\triangle_1 z)$.

$z=0$ என்னுமிடத்திலுள்ள கோணங்களை ω தளத்திற்கு மாற்றும்போது அவை இரட்டித்துவிடுகின்றன.

நேர்போக்கு மாற்றம். $\omega = \alpha z + \beta$, $\alpha \neq 0$, என்ற மாற்றம் எல்லா உருவங்களையும், வடிவொத்த உருவங்களாக மாற்றி விடுகிறது. ஆனால் அவற்றின் பரிமாணங்கள் $1 : |\alpha|$ என்ற விகிதத்தில் மாறியிருக்கும். ஏனெனில் $\omega = az_1 + \beta$, $\omega_2 = az_2 + \beta$ எனில் $\omega_2 - \omega_1 = \alpha \; (z_2 - z_1)$.

எனவே $|\omega_2 - \omega_1| = |\alpha| . |z_2 - z_1|$. மேலும் $\arg (\omega_1 - \omega_2) = \arg\alpha + \arg (z_2 - z_1)$ ஒவ்வொரு கோட்டுத் துண்டும் $\arg\alpha$ என்ற கோணத்தில் சுழற்றப்பட்டு விடுகிறது. z என்பது z- இன் நேரிணையாக (conjugate) உள்ளபோது $\omega = 1/z$ என்ற மாற்றம் $\arg\omega = \arg z$ எனவும் $|\omega| = 1/|z|$ எனவும் உறுதிப்படுத்துகிறது (படம் 2). இந்த மாற்றம் z-இன் ஒரு பகுமுறைச்சார்பெண்ணால் வரையறுக்கப்படவில்லை.



படம் 2. தலைகீழ் ஒருருவமாக்க மாற்றம்

எனவே அது ஒருருவமாக்கத் தன்மையுடையதன்று, ஆனால் அந்த மாற்றம் $z' = z$, $\omega = 1/z$ என்ற வரிசையான மாற்றங்களுக்குச் சமானமானது. $z' = z$ என்ற மாற்றத்தின்போது தளம் x அச்சைச் சுற்றி $180°$ சுழற்றப்படுகிறது. கோணங்கள் எண் மதிப்பில் மாறாமல், திசை மட்டுமே தலைகீழாக்கப்படுகிறது. எனவே அது தலைகீழ் ஒருருவமாக்கல் தன்மையுள்ளது. $\omega = 1/z'$ என்கிற மாற்றம் ஒருருவமாக்கல் தன்மையிலிருக்கும். இவ்வாறு அலகு வட்டத்தில் தலை கீழாக்கல் எனப்படுகிற $\omega = 1/z$ என்ற மாற்றமும் தலைகீழ் உருவமாக்கல் தன்மை கொண்டதாகும். முழுமையான z தளத்திலும் ω தளத்திலும் இது ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற முறையில் அமையும். ஆனால் $z=0$, $\omega=0$ ஆகியவற்றுக்கு மட்டும் உருதோற்றங்கள் உண்டாவதில்லை. இதைத் தவிர்ப்பதற்காக $z=\infty$, $\omega=\infty$ என்ற கற்பனையான புள்ளிகளை மனத்தில் கொண்டு தளத்தை நீட்டி விடலாம்.

z சுழியை நெருங்கியிருக்கும்போது ω, $\omega=0$ என்ற நிலையிலிருந்து வெகு தொலைவிலிருக்கும். எனவே $\omega=\infty$ என்பதை $Z=0$ என்பதன் உருத்தோற்றமாகவும், $\omega=0$ என்பதை $z=\infty$ என்பதன் உருத்தோற்றமாகவும் வைத்துக் கொள்ளலாம். இந்த மரபின் அடிப்படையில் நீட்டப்பட்ட தளத்தில் மாற்றம் ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற விதத்தில் அமைகிறது.

வளைகோடுகளில் ஒரு குறுக்கீட்டு வரம்பிலிக்குப் பின்வாங்கும்போது நாண்களின் எல்லைகளைக் கணக்கிட்டு அல்லது தளத்தை முப்பரிமாண வரைவு முறையில் ஒரு கோளத்தின் மேல் வீழ்த்தி வரம்பிலியில் வளைகோடுகளுக்கிடையிலானகோணங் களைச் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். அவ்வாறு தளத் தைக் கோளத்தின்மேல் வீழ்த்தும்போது கோளத்தின் ஒரு புள்ளியை வீழ்த்தல் மையமாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். அப்போது தளத்தில் வரம்பிலியில் உள்ள புள்ளி, வீழ்த்தல் மையத்தில் வந்து பொருந்திக் கொள்ளும். இரு நிகழ்வுகளிலும் $\omega = 1/z$, $\omega = 1/z$ என்ற மாற்றங்களால் வரம்பிலியிலுள்ள கோணங் கள்கூட எண் மதிப்பில் மாறுவதில்லை.

கூட்டு மாறியின் பொதுவான நேர்போக்கு மாற்றத்தைப் பின்வரும் சமன்பாடு வரையறுக்கிறது.

$$\omega = \frac{\alpha z+\beta}{\gamma z+\delta},\ \alpha\delta-\beta\gamma\neq 0 \qquad ......(3)$$

இங்கு $\alpha, \beta, \gamma\ \delta$ ஆகியவை மாறிலிகள். இந்த பின்னம் ஒரே மாதிரியாக மாறிலியாகி விடாமலி ருப்பதற்காகவே அவை மாறிலியாக அமைக்கப்படு கின்றன. நீட்டப்பட்ட தளத்தில் இந்த மாற்றம் ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற தன்மையை உடையது. ஏதாவது நான்கு தனிப்புள்ளிகளின் குறுக்குத் தகவு (cross ratio) மாறிலியாக இருப்பது இத் தகைய மாற்றத்தின் சிறப்புப் பண்புகளில் ஒன்றா கும். z_1, z_2, z_3, z_4 என்ற நான்கு புள்ளிகளின் குறுக்குத் தகவு பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$(z_1,z_2,z_3,z_4) \equiv \frac{(z_1-z_3)\quad(z_3-z_4)}{(z_2-z_3)\quad(z_4-z_1)} \qquad ......(4)$$

ஒரு புள்ளி வரம்பிலிருக்கும்போது அதற்கேற்ற வகையில் ஒரு மரபு கற்பித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அவற்றுக்கான உருத்தோற்றப் புள்ளிகள் $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ எனில்,

$(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4) = (z_1, z_2, z_3, z_4)$. $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ ஆகியவற்றில் ஏதாவது ஒன்று வரம்பிலியிருக்கலாம்.

நான்கு புள்ளிகளும் ஒரு வட்டத்தில் அமைந் திருந்தால் அவற்றின் குறுக்குத் தகவு மெய்யானது என்பதைப் பின்வரும் சமன்பாடு காட்டுகிறது,

$$\arg\frac{z_2-z_1}{z_2-z_3} - \arg\frac{z_4-z_1}{z_4-z_3} = 0 \text{ அல்லது } \pi \ \text{-(5)}$$

ஒரு வட்டத்திற்குள்ளாக அமைந்த கோணங்களின் யூக்லிட் (euclidean) பண்புகளிலிருந்து இதை மெய்ப் பிக்கலாம். மறுதலையாகக் குறுக்குத்தகவு மெய்யாக இருந்தால் நான்கு புள்ளிகளும் ஒரு வட்டத்திலோ, ஒரு நேர்கோட்டிலோ அமையும் எனக் காட்டலாம். எளிமைக்காக நேர்கோடும் வட்டத்தின் ஒரு சிறு துண்டும் என்று வைத்துக் கொள்ளப்படும். z_1, z_2, z_3 என்ற மூன்று தனித்தனியான புள்ளிகள் இருக் கும்போது z என்ற புள்ளி அவற்றுடன் ஒரே வட்டத் தின் மேல் அமைந்திருக்க வேண்டுமானால் (z_1, z_2, z_3, z) குறுக்குத்தகவு மெய்யானதாக இருக்க வேண் டும். அவ்வாறு இருக்கும்போது மட்டுமே அந்த நான்கு புள்ளிகளும் ஒரே வட்டத்தின் மேல் அமை யும்; நேர்போக்கு மாற்றத்தில் z_1, z_2, z_3 ஆகியவை $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ என்ற தனிப்புள்ளிகளுக்கு மாற்றமடை யும்போது குறுக்குத் தகவு மாறாத வகையில் z, ω என்ற புள்ளிக்கு மாறும். z_1, z_2, z_3, z ஆகியவை ஒரே வட்டத்தில் அமையும்போது மட்டுமே குறுக்குத் தகவு மெய்யானதாக இருக்கும். $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega$ ஆகியவையும் ஒரே வட்டத்தில் அமைவனவாகவும் $(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega)$ குறுக்குத் தகவு மெய்யானதாகவும் இருந்தால்தான் இந்த நிபந்தனை நிறைவு செய்யப் படும். எனவே நேர்போக்கு மாற்றத்தின்போது ஒரு வட்டம், வட்டமாகவே மாற்றப்படுகிறது.

அலகு வட்டத்தை (unit disk) அதற்குள்ளே யும் அதிலுள்ள α என்ற எந்த ஒரு புள்ளியையும் ஆதிப்புள்ளிக்கு (origin) மாற்றுகிற ஒரு நேர்போக்கு மாற்றம் உள்ளது. இதைப் பின்வரும் சமன்பாடு காட்டும்.

$$\omega = \lambda\frac{z-\alpha}{1-\bar{\alpha}z}\quad |\lambda| = 1 \qquad (6)$$

$z\bar{z} = 1$ எனில்,

$$\bar{\omega}\gamma = \frac{z-\alpha}{1-\alpha z}\cdot\frac{\bar{z}-\bar{\alpha}}{1-\alpha\bar{z}} = \frac{z-\alpha}{1-\bar{\alpha}z}\cdot\frac{1-\bar{\alpha}z}{z-\alpha} = 1 \ (7)$$

$|\alpha|<1$ என்ற வகையிலான α புள்ளி $|\omega|<1$ என்ற வகைக்கு மாற்றப்படுகிறது. வேறு எந்த நேர்போக்கு மாற்றத்துக்கும் தேவையான பண்பு இல்லை.

ரீமனின் தேற்றம் (Rieman's theorem). தளத்தின் சிறிய, எளிதாக இணைக்கப்பட்ட பரப்புகள் வரை யறுக்கப்பட்ட புள்ளிகளின் தளமாகவும் நீட்டப்பட்ட தளமாகவும் உள்ளன. இவற்றில் எதையும் ஒன்றுக் கொன்று என்ற விதத்திலும் ஒருருவத்தன்மையிலும் அலகு வட்டமாக மாற்ற முடியாது. குறைந்தது இரு எல்லைப் புள்ளிகளையாவது கொண்ட D என்ற வேறு எளிதாக இணைந்த எந்தப் பரப்பையும் அவ் வாறு மாற்றமுடியும் என ரீமன் உறுதிப்படுத்தினார். இந்த உண்மையை ஆஸ்குட் முதன்முதலாக மெய்ப் பித்தார். இதை மெய்ப்பிப்பது ஒற்றை மதிப்புள்ள (univalent) சார்பெண்களின் விளிம்புத் தன்மைகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. D பரப்பில் ஒரே ஒரு மதிப்பைக் கொண்டுள்ள பகுமுறைச் சார்பெண்கள் ஒற்றை

மதிப்புள்ளவை எனப்படும். இத்தத்துவத்தை மேலே குறிப்பிட்ட நேர்போக்கு மாற்றங்களுடன் இணைப்ப தன் மூலம் இத்தகைய திணைப் படங்களில் மிகப் பொதுவானவற்றைப் பெறலாம். குறிப்பாக D என்பது ஒரு ஜோர்டான் பரப்பாக இருந்தால், திணைப் படத்தை மூடிய பகுதிகளில் தொடர்ச்சி யானதாகவும் ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற விதத்தில் அமைந்ததாகவும் வரையறுக்கலாம்.

பன்மையில் இணைந்த பரப்புகள். D என்ற பரப்பின் எல்லைகளில் P என்றவரையறுக்கப்பட்ட எண்ணிக்கை யில் தமக்குள் தொடர்பற்ற ஜோர்டான் வளை கோடுகள் இருந்தால் அப்பரப்பை ஒன்றுக்கு ஒன்று என்ற தன்மையில் ஒரு வட்டத்தட்டில் மாற்ற முடியாது. இத்தகைய இரு பரப்புகளை ஆராய்வ தற்கும் ஒப்பிடுவதற்கும் பல விதியடிப்படையிலான (canonical) பரப்புகள் முன் மொழியப்பட்டுள்ளன. அவை ஒன்று பிறிதாக மாற்றப்படக் கூடியதாகவோ, மாற்றப்பட முடியாதவையாகவோ இருக்கலாம். அவற்றின் எல்லைகளில் P வட்டங்கள் அல்லது P இணையான நேர்கோட்டுத் துளைகள் அல்லது ஆதிப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்ட வட்டவில் வடிவத் துளைகள் இருக்கலாம். அவற்றின் எல்லை ஆதியை மையமாகக் கொண்ட வட்டத் துளைகள் கொண்ட தாகவுமிருக்கலாம். ஆதியைப் பொது மையமாகக் கொண்ட இரண்டு வட்டங்களும் துளைகளுமிருக்கக் கூடும். இது போல பல்வேறு வகையான எல்லைகள் அந்த விதிமுறைப்பரப்புகளுக்கு முன் மொழியப்பட்டு உள்ளன.

- கே என். ராமச்சந்திரன்

ஒருறுப்பி அணுக்கரு

ஒரே தன்மையும் எண்ணிக்கையும் உடைய ஆக்கக் கூறுகளைக் கொண்ட வெவ்வேறு வகையான கூட்ட மைப்புகள் ஐசோமர்கள் அல்லது ஒருறுப்பி அணுக் கருக்கள் (isomeric nuclei) எனப்படும். ஒரே தன்மை யும் எண்ணிக்கையும் கொண்ட அணுக்கள் வெவ் வேறு மூலக்கூறுகளில் வேறுபட்ட கட்டமைப்புகளில் அல்லது இடப்பரவீட்டுடன் (distribution) அமைந் திருக்கலாம். இந்த மூலக்கூறுகள் ஐசோமர்கள் அல்லது ஒருறுப்பிகளாகும். இரு ஒருறுப்பி மூலக்கூறு களின் அணு அமைப்புகளில் ஒன்றின் அமைப்பு மற்றதன் உருத்தோற்றமாக இட வல மாற்றத்துடன் அமைந்திருக்கக்கூடும். அணுக்கருக்களில் ஒருறுப்பித் தன்மை தோன்றும்போது அவற்றின் அணு எண்ணும் நிறை எண்ணும் சமமாயிருக்கும். ஆயினும் அவற்றின் அரை வாழ் நேரத்தில் பெருத்த வேறுபாடு காணப் படுவது உண்டு. இது இரு ஒருறுப்பி அணுக்கருக்களி டையே காணப்படும் முக்கியமான வேறுபாடு ஆகும்.

Z என்ற அணு எண்ணும் N என்ற நிறை எண்ணும் கொண்ட ஒருறுப்பி அணுக்கருக்களில் ஒன்று சிறும ஆற்றல் நிலையைக் குறிப்பதாக நிலைத்தன்மை யுடன் காணப்படும். மற்றது உயர் ஆற்றல் கொண்ட சிற்றுறுதியான நிலைகளில் (metastable) இருக்கும். அவை காமாக் கதிர்களை உமிழ்வது, எலெக்ட்ரான் களினிடையே உள்ளிட மாற்றம் ஏற்படுவது போன்ற செயல்முறைகளின் மூலம் ஆற்றலை இழந்து, குறைந்த ஆற்றல் நிலைகளுக்கு இறங்கி ஒருறுப்பு மாற்றங்களை அடையும்.

மின்காந்தக் கொள்கை ஒவ்வொரு கூட்டி லிருந்தும் துணைக்கூட்டிலிருந்தும் உள்ளிட மாற்றம் அடையக்கூடிய எலெக்ட்ரான்களின் விழுக்காட்டை நுட்பமாக அளிக்கிறது. உள்ளிட மாற்ற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் காமாக் கதிர்களின் எண்ணிக்கைக்கும் இடையி லான தகவு உள்ளிட மாற்றக் குணகம் (internal conversion coefficient) எனப்படும். பீட்டாக் கதிர் உமிழ்வு, ஆல்பாக் கதிர் உமிழ்வு, எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு போன்ற செயல்முறைகளின் மூலமும் ஒரு றுப்பி மாற்றங்கள் தோன்றக்கூடும். ஒருறுப்பி நிலைக்கும் இறுதி நிலைக்கும் இடையில் உள்ள கோண உந்தத்தைப் பொறுத்து ஓர் ஒருறுப்பி நிலை மாற்றத்தின் அரை வாழ் நேரம் பன்மடங்கு மிகும். கொள்கையடிப்படையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அணுக் கருவின் அனைத்துக் கிளர்வுற்ற நிலைகளையும் ஒருறுப்பிகள் எனக் குறிப்பிடலாம். என்றாலும் அளவிடக் கூடிய அளவுக்கு அரை வாழ் நேரமுள்ள நிலைகள் மட்டுமே ஒருறுப்பிகள் எனப்படுகின்றன. ஒரு நொடிக்கு மேற்பட்ட அரைவாழ் நேரமுள்ள ஒருறுப்பி நீடுவாழ் ஒருறுப்பி என வழக்கமாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. 1921 இல் ஆட்டோ ஹான் முதன்முதலாக ஒருறுப்பி இணையைக் கண்டு பிடித்தார்.

U - 238 இன் சிதைவு விளை பொருள்களின் Pa-234க்கு 1.17 நிமிடம் அரை வாழ்நேரம் கொண்ட ஒருறுப்பி நிலையும் 6.75 மணி அரை வாழ்நேரம் கொண்ட சிறும ஆற்றல் நிலையும் இருப்பதை அவர் கண்டுபிடித்தார். இரு ஒருறுப்பிகளும் முக்கியமாகப் பீட்டாச் சிதைவின் மூலம் U-234 ஆக மாறு கின்றன. 1950 இல் ஒருறுப்பி நிலைமாற்றங்களைப் பற்றிய ஆய்வு, அணுக்கரு பற்றிய கூட்டுக் கொள் கையை (shell model) நிறுவவும் ஆய்ந்து பார்க்க வுமாகிய நோக்கத்தில் செய்யப்பட்டது.

77 அணு எண்ணுள்ள இரிடியம் 192இல் நீடு வாழ்கிற மூன்று ஒருறுப்பிகள் உள்ளன. இதில் சிறும ஆற்றல் நிலை முக்கியமாகப் பீட்டாசிதைவின் மூலம் 74.2 நாள் என்ற அரை வாழ் நேரத்தில் Pt-192 ஆக மாறுகிறது. அதன் அணுஎண் 78. அதன் தற்சுழற்சி 4 : தற்சுழற்சி 1, ஆற்றல் 58 கிலோ

எலெக்ட்ரான் வோல்ட் உள்ள முதல் கிளர்வு நிலை 1.44 நிமிடத்திற்கு நீடிக்கிறது. அது சமான மாற்றங்களின் மூலம் சிறும ஆற்றல் நிலைக்கு இறங்குகிறது. தற்சுழற்சி 9, ஆற்றல் 155 கிலோ எலெக்ட்ரான் வோல்ட் கொண்ட இரண்டாம் கிளர்வு நிலை ஏறத்தாழ 240 ஆண்டு என்றஅரைவாழ் நேரம் கொண்டது. மிகப்பெரும் வாழ் நேரம் கொண்ட ஓருறுப்பிகளில் இதுவும் ஒன்று.

அணுக்கருவின் கூடு மாதிரி, அணுக்கரு கோள வடிவம் என்ற கற்பனையின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்டது. சில ஓருறுப்பிகளின் நிலைமாற்ற அரைவாழ் நேரத்தைப் பற்றிய கருதுகோள் வியப்பூட்டும் வகையில் சரியாயிருக்கும். பன்முனை அணுக்கருக்களில் அதன் ஊகங்கள் பிழையாக உள்ளன. மூடிய கூடுகளுக்கு வெளியே தேவையான அளவில் நூக்ளியான்கள் இருந்து, அவை அணுக்கருவை நீள்கோள வடிவத்துக்கு மாற்றிவிடுவதால் இம்முரண்பாடுகள் தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

அணுக்கருக்களின் கிளர்வுற்ற நிலைகள் அசாதாரணமான நெடிய வாழ் நேரத்தைப் பெற்றிருப்பதை நீடுவாழ் ஓருறுப்பி என்ற சொல் குறிக்கிறது. ஓர் அணுக்கரு ஒரு கிளர்வுற்ற குவாண்டம் நிலையில் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட கிளர்வு ஆற்றல் (Ex), தற்சுழற்சி (J), சமானம் (π) ஆகியவற்றுடன் இருக்க முடியும். இத்தகைய நிலைகள் நிலையற்றவை; அவை வழக்கமாக மின்காந்தக் கதிர்களை (காமாக் கதிர்கள்) உமிழ்ந்து குறை ஆற்றல் கிளர்வு நிலைகளுக்கோ, அணுக்கருவின் சிறும ஆற்றல் நிலைக்கோ இறங்கிவிடும். இந்தச் சிதைவு நிகழும் வீதத்தை அரைவாழ் நேரம் (half life) என்ற அளவு குறிப்பிடுகிறது. ஒரே கிளர்வு நிலையிலுள்ள மிகுதியான அணுக்கருக்களில் பாதி எண்ணிக்கையான அணுக்கருக்கள் சிதைவு அடைய ஆகும் நேரம் அரை வாழ் நேரம் எனப்படும். ஓர் அணுக்கருவில் ஒரு குறிப்பிட்ட கிளர்வு நிலை பிற கிளர்வு நிலைகளைவிட மிகுந்த நேரம் நீடிப்பதாயிருந்தால், அந்த நிலை நீடுவாழ் நிலை எனப்படும். நீடுவாழ் நேரத்தின் கீழ்வரம்பு தன்னிச்சையாக அமைக்கப்படுவதாகும். அதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பு இல்லை.

நீடு வாழ்ஓருறுப்பித் தற்சுழற்சி. கிளர்வுற்ற அணுக்கரு நிலைகள் பெரும்பாலும் காமாக் கதிர்களை உமிழ்ந்தே சிதைகின்றன. இந்தச் செயல்முறை நிகழும் வீதம் பெருமளவுக்குத் தொடக்கக் கிளர்வு நிலை, இறுதிக் கிளர்வு நிலை ஆகியவற்றின் தற்சுழற்சிகள், சமானங்கள் (parity), கிளர்வு ஆற்றல்கள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. குறிப்பாக இந்த வீதம் தொடக்க நிலை, இறுதிநிலை ஆகியவற்றின் தற்சுழற்சிகளுக்கு இடையிலான வேறுபாட்டையும், கிளர்வு ஆற்றல்களுக்கு இடையிலான வேறுபாட்டையும் மிகவும் நுட்பமாகச் சார்ந்துள்ளது. தற்சுழற்சிகளுக்கிடையில் மிகப் பெரும் வேறுபாடு இருந்தாலும், கிளர்வு ஆற்றல்களுக்கு இடையில் மிகச் சிறிய வேறுபாடு இருந்தாலும், காமாக் கதிர் உமிழ்வு பல மடங்கு குறைந்து விடும். இதனால் சில கிளர்வுற்ற நிலைகள் அசாதாரணமான அளவுக்கு நெடு நேரம் நீடிக்கின்றன. அவை நீடுவாழ் ஓருறுப்பிகள் எனப்படும்.

தெரிந்த அனைத்து அணுக்கருக்களிலும் நீடுவாழ் நிலைகள் தோன்றுகின்றன. இருந்தாலும் மாய எண்களுக்கு (magic numbers) நெருக்கமான எண்ணிக்கையில் நியூட்ரான்களும், புரோட்டான்களும் கொண்ட அணுக்கருக்களில் அவை பெருமளவில் காணப்படுகின்றன. மாய எண்கள் என்பவை அணுக்கருக்கூடுகளை நிறைவு செய்வதற்கான நியூட்ரான் அல்லது புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை ஆகும். இவ்வாறு இருப்பது அணுக்கருவின் கூடு மாதிரி (shell model) கருத்துக்குச் சார்பான சான்றாகக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே இத்தகைய அணுக்கருக்களில், மிகக் குறைந்த கிளர்வு ஆற்றல்களில் உயர் தற்சுழற்சியுள்ள நீடுவாழ் நிலைகள் இருக்கவேண்டும் என முன்னறிவிப்புச் செய்கிறது.

அனைத்து நீடு வாழ் நிலைகளும் தற்சுழற்சி காரணமாக ஏற்படுபவையல்ல. சில அணுக்கருக்கள் சிறும ஆற்றல் நிலையிலிருந்து உயர் ஆற்றல் கிளர்வுற்ற நிலைக்குச் செல்லும்போது வடிவத்தில் பெரிதும் மாறி விடுகின்றன. இவ்வாறு உருக்குலைந்த வடிவம் அசாதாரணமான நிலைத் தன்மையைக் கொடுக்கிறது. இத்தகைய உருக்குலைந்த வடிவமுள்ள நிலைகள் நீடுவாழ் தன்மையைப் பெறுகின்றன. சில நிலைப்பாடு மிக்க அணுக்கருக்கள் பிளவின் மூலம் சிதைவடையும்போது இத்தகைய வடிவ நீடுவாழ் ஒருறுப்பி நிலைகள் (shape isomers) தோன்றுகின்றன. உயர்வேகத்தில் தற்சுழற்சி செய்யும்போது அணுக்கருக்களின் வடிவம் எதிர்பாராமல் மாறி விடும் வாய்ப்பு உள்ளது. இவற்றால் தோன்றும் நீடுவாழ் நிலைகளையும் வடிவ நீடுவாழ்நிலைகள் என வகைப்படுத்தலாம்.

அணுக்கருவிலுள்ள ஆக்கக்கூறு அணுக்கருத்துகள்களின் நுண்ணிய இயக்கங்களில் உள்ள வேறுபாடுகளின் காரணமாகவும் நீடு வாழ் நிலைகள் தோன்றுவதுண்டு. இவற்றுக்கு இணைசேர் நீடுவாழ் ஒருறுப்பி நிலைகள் (pairing isomers) என்று பெயர். இத்தகைய ஒரு நிலையின் பண்பு அணுக்கருவின் சிறும நிலைப் பண்பிலிருந்து பெரிதும் வேறுபட்டிருக்கும். எனவே அதையும் நீடுவாழ் நிலை என்றே வகைப்படுத்தலாம்.

- கே. என். ராமச்சந்திரன்

ஒரை

காண்க: இராசிச்சக்கரம்.

ஓரை ஒளி

இது ஓரை வட்டப்பகுதியில் (zodiac) காணப்படும் மிகவும் மங்கலான ஒளிப் பட்டையாகும். மேலைத் திசையில் சூரியன் மறைவைத் தொடர்ந்தும், வைகறையில் மங்கலொளிக்கு முன்னர் கீழ்த்திசையி லும் இது தோன்றும். இது கூர் நுனிக்கோபுர வடிவில் (pyramid) இருக்கும். சூரியனிலிருந்து தொலைவு கூடக் கூட இவ்வொளியின் பொலிவு குறைந்து கொண்டே செல்லும். எனவே எவ்வளவு தொலைவு வரை இது காட்சியளிக்கும் என்பது காண்போரின் பார்வைக் கூர்மையைப் பொறுத்ததாகும். பொது வாகச் சூரியனிலிருந்து 25^{0}க்கு அப்பால் இதைப் பார்ப்பது அரிது,

நடுத்தர நிலக்குறுக்குக் கோட்டுப் பகுதியில் (intermediate latitudes) ஓரை வட்டம், அதன் உச்ச ஏற்றத்தை அடையும்போதுதான் இது காணப்படும். இந்நிலை இளவேனில் கால மாலைப் போதிலும், இலையுதிர் காலக் காலைப் போதிலும் ஏற்படும். பிற காலங்களில் தொடுவானத்துக்கு மிக அருகில் இருக்கும். வளிமண்டலத் தூசாலும் ஆவி மூட்டத் தாலும் இது மிக மிக மங்கலாகக் காணமுடியாத அளவில் இருக்கும். வெப்ப மண்டலங்களில் (tropics) ஓரைவட்டம் ஆண்டு முழுதுமே பெரும்பாலும் நிலைக்குத்தாகத்தான் இருக்கும். எனவே. இங் கெல்லாம் ஓரை ஒளியை அனைத்துப் பருவத்திலும் காணலாம்.

ஓரை ஒளி தன்னொளிர் மூலமன்று என்பதை நிறமாலையில் ஆய்வுகள் சுட்டுகின்றன. சூரியக் குடும்ப வெளி முழுதும் பரவலாக உள்ள எண்ணற்ற சிறு சிறு துகள்களில் சூரிய ஒளி பட்டு எதிரொளிப்ப தாலும் கோட்டம் (diffraction) அடைவதாலுமே ஓரை ஒளி தோன்றுகிறது. ஹென்ட்ரிட் சி.வான் டே ஹல்ஸ்ட் என்பார் ஓரை ஒளியின் ஒளிப்பொலிவின் கணக்கீடுகளிலிருந்து சூரிய மண்டலம் முழுதும் பரவியிருக்கும் துகள்கள் 1. மி.மீ. விட்டமுடையன என்றும் ஒன்றுக்கொன்று ஏறக்குறைய 8 கி. மீ. தொலைவில் இருக்கவேண்டுமென்றும் கூறினர். இத்துகள் மேகம், தட்டு வடிவில் இருக்க வேண்டும் என்றும் இத்தகடு ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதையின் (ecliptic) தளத்திலேயே அமையவேண்டும் என்றும் இத்தகட்டின் கனம் புவிச் சுற்றுப் பாதையின் விட்டத்தில் ஏறத்தாழப் பத்தில் ஒரு பங்கு இருக்க வேண்டும் என்றும் இவர் கணக்கிட்டார். இந்த அளவுடைய துகள்கள் சூரிய வெப்பத்தையேற்றுச் சூடாகி வெப்பக்கதிர் வீசும்போது இவை சுருள் வட்டப் பாதையில் (spiral) சென்று சூரியனை அடைந்துவிடும் என்பதைப் பாயிண்டிங் ராபர்ட்சன் விளைவிலிருந்து உணரலாம். எனவே, இவை அண்மைக் காலத்தில்தான் உண்டாகியிருக்க வேண்டும்; காலவெளியில் தொன்மையில் தோன்றி இருக்க முடியாது என உணரலாம். எனவே, இத் துகள்கள் வால்மீன்கள் (comets) படிப்படியாகச் சிதைவதாலும் சிறு கோள்கள் தொடர்ந்து பொழிவ தாலும் ஏற்படலாம்,

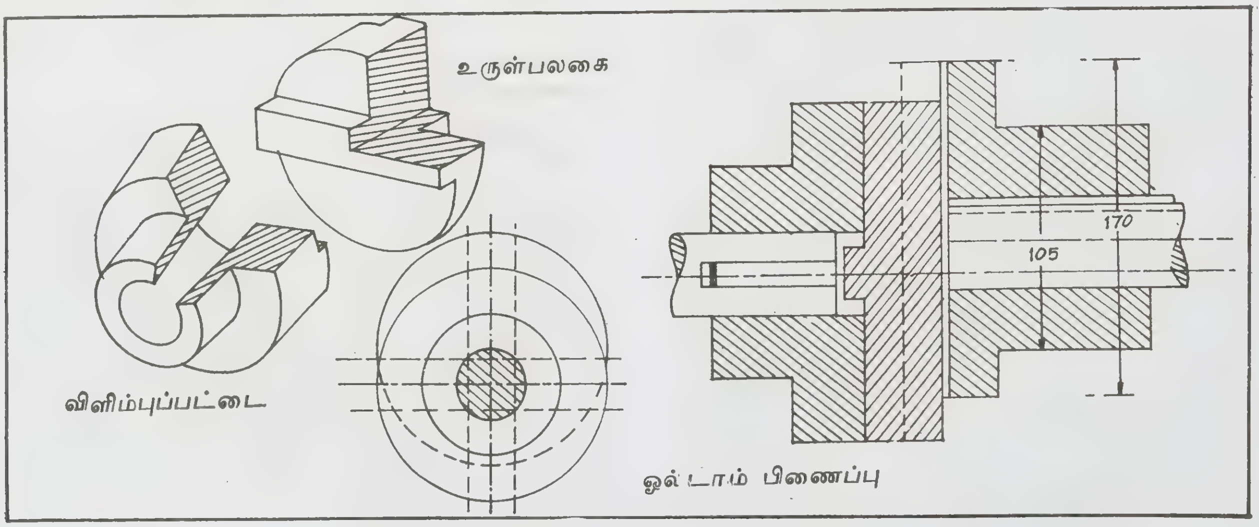
- ச. சம்பத்

ஓரை ஒளி (கணிதம்)

காண்க: இராசி ஒளி

ஓல்டாம் பிணைப்பு

இயக்கத்தில் அல்லது சுழற்சியில் இருக்கக்கூடிய செயல் தண்டுகளை இணைப்பதற்குப் பல்வேறு வழி



படம் 1. ஓல்டாம் பிணைப்பு

முறைகள் உள்ளன. பொதுவாக அச்சியலாக இணைப்பதுதான் வழக்கம். சில சமயம் சற்றே நெகிழ்ச்சியுடன், அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று வேற்று மையாக இருந்தும் (eccentric) சுழற்சி வேகத்தைக் கடத்த வேண்டிவரும். அங்ஙனம் வேற்று மையமாக இருப்பினும், அச்சுகள் இணைக்கோட்டில் இருக்க ஓல்டாம் பிணைப்பு (Oldam's coupling) பயன்படு கிறது. இதன் வெளி அமைப்பு, படத்தில் விளக்கப் படுகிறது. இரு அச்சுகளும் இணைக்கோட்டில், மிக அருகில் அல்லது ஒன்றுக்கொன்று சிறு இடைவெளி விட்டு இருக்க வேண்டும். ஒரே அமைப்பைக் கொண்ட இரு உருள் வடிவ விளிம்புப் பட்டைகளின் முகப்பில் நீள் சதுர வரிப்பள்ளம் இருக்கும். பிறி தோர் உருள் பலகையின் இருபுறமும் செங்குத்தாக (perpendicular) மேற்காணும் வரிப்பள்ளத்தில் சரி யாகப் படியும் அளவில் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் பிதுக்கங்கள் (projections) உள்ளன. இதன் விளிம்புப் பட்டை இணைப்புக்கான உருளைகளில் இணைப் புச்சாவி கொண்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இணைப் பில் பிதுக்கங்கள் சரியாக, சற்று நகர்ந்து, வரிப் பள்ளத்தில் பதிந்து, இரு உருளைகளையும் இணைக் கின்றன.

இவ்விணைப்புகள் வார்ப்பிரும்பால் செய்யப் படுகின்றன. இது ஒரு வகையான நகர் பொருத்து (sliding fit) அமைப்பாகும். சுழற்சியில் ஒவ்வொரு நிமிடத்திலும் விளிம்புகள் மற்றும் நடுப்பலகையின் கோணத்திசைவேகம் (angular velocity) அச்சுகளின் இடைவெளி மாறுபட்டால் ஒன்றுக்கொன்று சம்மாகவே இருக்கும் இப்பிணைப்பு ஓல்டாம் என்னும் பொறிஞரின் நினைவால் பெயரிடப்பட்டது.

- கே. ஆர். கோவிந்தன்

ஓலாந்தைட்

இது சிலிகேட்டுகளின்ஜியோலைட் இனத்தைச் சேர்ந்த படிகமாகும். இது ஒற்றைச் சரிவுத் தொகுதி யைச்சேர்ந்தது. இணையான இருபக்கங்களைத்தெளி வாகக் கொண்ட படிகங்களில் பொதுவாகக் காணப் படும் இது வைர வடிவமைப்பைக் கொண்டிருக்கும். முத்து மிளிர்வைக் கொண்ட பகுதியில் இணையான இரு பக்கப் பிளவு முழுமையாக ஏற்படுகிறது. மேடு பள்ள அமைப்புடனும், துணைப்பொருள்களை இணை நிலையில் கொண்டும் இப்படிகங்கள் காணப்படு கின்றன. முனைவாக்கப்பட்ட ஒளியியல் வட்டக்கூறு இயல்பான (sectoral nature) ஒளியியற் பண்பைக் காட்டுகின்றது. இதன் கடினத்தன்மை மோஸ் அளவில் 3½-4 ஆகும். ஒப்படர்த்தி 2.18-2.20 ஆகும். இக்கனிமம் வெண்மை நிறமாகவோ நிறமற்றோ காணப்படும். மஞ்சள் நிறமாகவும், சிவப்பு நிறமாகவும் காணப்படலாம்.

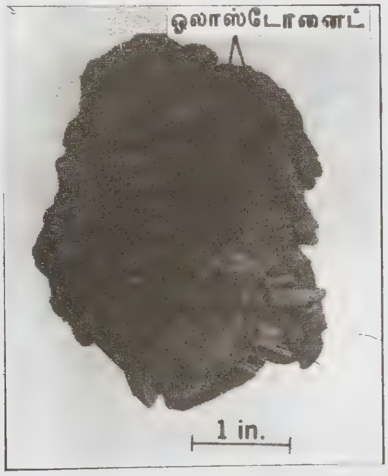
ஓலாந்தைட் ஒரு நீர்மக் கால்சிய அலுமினிய சிலிகேட் கனிமமாகும். ($Ca(Al_2Si_7O_{18})6H_2O$). கால்சியத்திற்குப் பதிலாகச் சோடியம், பொட்டாசியம் ஆகியவை குறைந்த அளவில் காணப்படுகின்றன. பசால்ட், ஜியோலைட், கால்சைட் ஆகியவற்றுடன் பள்ளங்களின் இரண்டாம் தரக் கனிமமாக இது காணப்படுகிறது. ஃபெரோ தீவுகள், இந்தியா, நோவா ஸ்கோட்டியா, மேற்கு பேட்டர்சன் ஆகிய இடங்களில் காணப்படுகிறது.

- இரா. சரசவாணி

ஓலாஸ்டோனைட்

இது கால்சியம் சிலிகேட் ($CaSiO_3$) உட்கூறு கொண்ட சிலிகேட் கனிமமாகும். ஓலாஸ்டோனைட் (wollastonite) முச்சரிவுப்படிகத் தொகுதியைச் சேர்ந்த படிக மாகும். பொதுவாகப் பொதிவுகளாகவோ, உடை யும் பொருள்களாகவோ, இழைப்பொருள்களாகவோ காணப்படுகிறது. இதன் கடினத்தன்மை மோஸ் அளவில் 5-5½ ஆகவும், ஒப்படர்த்தி 2.85 ஆகவும் உள்ளன. உடைந்த தளத்தில் முத்து மிளிர்விலிருந்து பட்டு மிளிர்வுடன் வெண்மை நிறத்திலிருந்து சாம்பல் நிறம் வரை உள்ளது.

கால்சியம் சிலிகேட்டின் மூன்று பல்லுருவ (polymorphic form) அமைப்பில் ஓலாஸ்டோனைட் பொதுவாகக் காணப்படும் கனிமமாகும். பாரா-ஓலாஸ்டோனைட்டும், போலி ஓலாஸ்டோனைட்டும் பிற இரு வகைப் பல்லுருவ அமைப்பாகும். உயர் வெப்ப முச்சரிவு அமைப்பான போலி ஓலாஸ்



படம் ஓலாஸ்டோனைட்

டோனைட், பாறைகளில் அரிதாகக் காணப்படுகிறது. ஆனால் கண்ணாடிகள் செயற்கைக் கால்சியம் சிலிகேட் போன்றவற்றில் உட்கூறாகக் காணப்படுகிறது. ஒற்றைச்சரிவு அமைப்பான பாரா ஓலாஸ்டோனைட் கால்சியம் மிகுந்துள்ள பாறைகளில் காணப்படுகிறது. தொடுகை உருமாற்றமடைந்த தூய்மையற்ற சுண்ணப்பாறைகளில் ஓலாஸ்டோனைட் பெரும்பான்மையாகக் காணப்படுகிறது.

கால்சைட் - டையாப்சைடு - ஓலாஸ்டோனைட் போன்றவற்றுடன் சிறிதளவு டிரமோலைட், கிளினோ ஜாயிசைட், கிராசுலரைட் முதலியவையும் காணப்படுகின்றன. நிலப்பகுதியிலுள்ள உருமாற்ற கல்கேரியப் படிவுகளில் ஓலாஸ்டோனைட் ஆங்காங்கே காணப்படுகிறது. ஜெர்மனியிலுள்ள கறுப்புக் காடுகளிலும், பிரான்சில் பிரிட்டானியிலும், மெச்சிகோவில் சியாபாசிலும், நியூயார்க்கில் வில்ஸ் போரோவிலும் காணப்படுகிறது. மேலும் இது வெங்களித் தொழிலகங்களில் பயன்படுகிறது. வேளாண்மை, காகிதத் தயாரிப்பு, நெய்வனத் தொழில், ஞெகிழித் தயாரிப்புப் போன்றவற்றிலும் இது அடிப்படையாக உள்ளது.

- இரா. சரசவாணி

ஓலியேசி

இது ஓர் இருவித்திலைக் குடும்பமாகும். ஓலியேசி (Oleaceae) குடும்பத்தை மல்லிகை அல்லது ஆலிவ் குடும்பம் என்றும் கூறுவதுண்டு. இக்குடும்பத்தில் 29 இனங்களும், 600 சிற்றினங்களும் உண்டு. உலகில் பொதுவாகத் துருவப் பகுதிகள் நீங்கலாக, அனைத்துப் பகுதிகளிலும் இக்குடும்பச் சிற்றினங்கள் காணப்படுகின்றன.

வளரியல்பு. சிரிங்கா (Syringa), லைகஸ்ட்ரம் (Ligustrum) போன்றவை செடிகளாக இருக்கும்; மல்லிகை(Jasminum) கொடிகளாகக் காணப்படும்; ஒலியா (Olya), ஃபிரக்சினஸ் (Fratinus) போன்றவை மரங்களாக உள்ளன.

சில இனங்களில் துணை மொட்டுகள் தண்டுகளில் வரிசையாக இலைக்கோணத்தில் அமைந்துள்ளன. மொட்டுகளுக்குச் சுரப்பிகளால் சுரக்கப்படும் பிசின் மூலம் பாதுகாப்புக் கிடைக்கிறது. சில இனங்களில் மலருக்கு அப்பாற்பட்ட (extra floral) தேன் சுரப்பிகள் உண்டு. இவற்றில் குடைவடிவத் தூவிகளும், கால்சியம் ஆக்சலேட் படிவங்களும் உள்ளன.

இலை. தனித்தவை அல்லது சிறகு வடிவக் கூட்டிலைகள். எதிர் அடுக்கு அல்லது மாற்றடுக்கு அமைப்புடையவை. செதில்களற்றவை; சில இனங்களில், பனிக்கால மொட்டுகளில் உள்ள செதிலிலைகள் முழு இலைகள் அல்லது இலைக் காம்புகளின் உரு மாற்றமேயாகும்.

மஞ்சரி. நுனிக்கிளைத்தல் வகையைச் சேர்ந்தது. சில இனங்களில் இலைகளற்ற கிளைகளில், உதிர்ந்த இலைகளின் கோணங்களில் மஞ்சரியைக் காணலாம்.

மலர். பொதுவாகச் சிறியவை. இருபால் பூக்கள். ஆனால் ஒலியாவில் ஒரு பால், ஈரில்லப் பூக்கள்; ஃப்ராக்சினஸ் பாலிகமஸ் (polygamous) வகையைச் சேர்ந்த ஒரே செடியில் ஆண், பெண் இருபால் பூக்கள் காணப்படும். ஒவ்வொரு மலருக்கும் பூவடிச் செதில்களாக இரு பூக்காம்புச் செதில்களுண்டு.

புல்லி. பொதுவாக 4. சில இனங்களில் 5. இணைந்தவை. தொடு இதழ் அமைப்புடையவை.

அல்லி. புல்லி ஒத்தவை. மாறியவை; இணைந்தவை. ஃப்ராக்சினஸ்ஆம், ஒலியாவும் அல்லிகளற்றவை. சில இனங்களின் இதழ்கள் ஆறும் அதற்கு மேலும் உண்டு. அல்லி வட்டம் கீழே நீண்ட குழலையும், மேலே வெளிநோக்கிப் பரவலான இதழ்களையும் பெற்றிருக்கும். இதைச் சால்வர் (salvar) அமைப்பு என்பர்.

மகரந்தத்தாள். பொதுவாக 2 இருக்கும். அல்லி இணைந்த மகரந்தத்தாள்கள் இக்குடும்பத்தின் சிறப்புப் பண்பாகும். அமெரிக்க இனங்களான ஹெஸ்பரெல்லா, டெஸ்ஸாண்ட்ரா முதலியவற்றில் 4 மகரந்தத்தாள்கள் உண்டு.

சூலகம். சூலிலைகள் இரண்டு, சூலறைகள் இரண்டு. இவை போலித் தடுப்புச் சுவர்களாக 3 அல்லது 4 அறைகளாக உருவெடுக்கும். சூல்கள் அறைக்கு 2 வீதம் தொங்கு அல்லது அச்சொட்டு முறையில் அமைந்திருக்கும்.

ஃபோர்சீதியா. இதில் 6-10 சூல்கள் இருக்கும். சில சமயங்களில் ஒரு சூல் மட்டும் காணப்படும். ஒரு சூல்தண்டு நுனியில் இரண்டாகப் பிளந்த சூல் முடிகளைக் கொண்டது.

கனி. கனியில் பல வகை உண்டு. ஃபிராசினஸில் ஒரு விதை கொண்ட இறக்கைக் கனி (sammara) என்றும், ஃபோர்சீதியாவிலும் சிரிங்காவிலும் பல விதைகள் கொண்ட லாகுலிஸைடல் காப்சூல் (loculicidal capsule) என்றும் ஒலியாவில் ட்ரூப், லைகஸ்ட்ரத்தில் சதைப்பற்றுள்ள கனி என்றும், ஜாஸ்மினத்தில் சதைக்கனி என்றும் உள்ளன. ஆனால் நெடுக்கு வாட்டில் ஏற்படும் பிளவால் ஒருவிதை கொண்ட இரு பகுதிகளாகப் பிரிகிறது.

விதை. இவற்றில் முளைசூழ்தசை இருந்தால் எண்ணெய் காணப்படும்.

மல்லிகை

1. கிளை 2. ஓரறைக்கனி 3 & 5 சூல்பை 4. சூலகம் 6 & 7 மகரந்தப்பைகள் 8. அல்லிவட்டம் 9. புல்லிவட்டம்.

மகரந்தச் சேர்க்கை. இது பொதுவாகப் பூச்சிகள் மூலம் நடைபெறுகிறது. மலர்கள் வண்ணத்தாலும், மணத்தாலும் பூச்சிகளைக் கவர்கின்றன. ஜாஸ்மினம், ஃபோர்சீதியா முதலியவற்றில் வேறுபட்ட சூல் தண்டு தகவமைப்பால் (heterostyly) அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. இவ்வினங்களில் இருவகைப் பூக்கள் காணப்படும். அவற்றின் சூல்தண்டு நீளத்தில் வேறுபட்டிருக்கும். ஃப்ராக்சினசில் காற்று மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழும்.

வகைப்பாடு. இக்குடும்ப வகைப்பாடு கனி வகைகளையும் விதைகளின் அமைப்பையும் பொறுத்தமையும். இக்குடும்பத்தின் முக்கிய இனங்கள் ஜாஸ்மினம், ஷெக்ரிபீரர் (schrebera), லைனோசீரா (linociera), ஒலியா, ஃப்ராக்சினஸ், சிரிங்கா, ஆஸ்மேன்தஸ் (osmanthus), லைகஸ்ட்ரம், நொரோன்ஹியா (noronhia), நிக்டாந்தஸ் (nyctanthus) என்பவை. இக்குடும்ப இனங்களின் வகைப்பாட்டியல் சற்றுச் சிக்கலானது. இதனால் தாவர வகைப் பாட்டியலாளரின் கருத்துப்படி இனங்களும், குடும்பங்களும் மாறி அமைந்திருக்கலாம். தென்னிந்தியாவில் காணப்படும் இனங்கள் ஜாஸ்மினம், நிக்டாந்தஸ் ஒலியா, லைகஸ்ட்ரம், மிக்ஸோபைரம் (myxophrum) ஆகியவை ஆகும்.

ஜாஸ்மினம் ஸம்பக் (*J. Sambac*). இது அனைத்து மாவட்டங்களிலும் பயிரிடப்படும் மல்லிகையாகும். மணம் உடைய மலர்கள் நறுமணத் தைலம் தயாரிக்கப் பயன்படும்.

நிக்டாந்தஸ் ஆர்பர் - டிரிஸ்டிஸ் (*N arbor tristis*). இதைப் பவழ மல்லிகை அல்லது பாரிஜாதம் என்பர். மணமுள்ள பூக்கள் மாலையில் மலர்கின்றன. அல்லிக் குழல் சிவப்பாக இருப்பதால் அதிலிருந்து வண்ணப் பொருள் தயாரிக்கப்படுகிறது. பூக்களைச் சாந்துப் பொட்டுத் தயாரிக்கப் பயன்படுத்துகின்றனர். இவ்வினத்தின் வகைப்பாடு சிக்கலானது. சில வகைப் பாட்டியலார் இவ்வினத்தை வர்பினேசி என்னும் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது என்று கருதுவர்.

ஒலியா. இதை ஆலிவ் என்பர். இது மிகுதியும் பொருளாதாரச் சிறப்பு வாய்ந்தது.

ஓ. டையோகா (*O dioica*). இதைக் கோலி அல்லது எடலை என்பர். இது இந்தியாவில் மலைப்பாங்கான பகுதிகளில் காணப்படுகிறது. நிழல் தரும் மரமான இதன் கட்டை நறுமணம் கொண்டது. அதனால் இதைச் செஞ்சந்தனம் என்றும் கூறுவர்.

ஓ. ஃபெருஜீனியா (*O ferruginea*). இதை இந்திய ஆலிவ் என்றும் கூறுவர். இது இமயமலைப் பகுதி

களில் தன்னிச்சையாக வளரும். வடஇந்தியச் சம வெளிகளில் பயிரிடப்படுகிறது. மரக்கட்டை உயர்ந்த வகையைச் சேர்ந்தது. கனி உண்ணத் தகுந்தது. கனி சதைப்பகுதி விதை ஆகியவற்றிலிருந்து எண்ணெய் எடுப்பர். இதன் இலை பாலின நோய்களைத் தீர்க்கும்.

ஓ. ஈரோப்பியா (*O Europaea*). இதையே பொது வாக ஆலிவ் என்று குறிப்பிடுவர். மத்தியதரைக் கடல் நாடுகளில் பெரும்பாலும் ஆலிவ் எண்ணெய்க் காக இதைப் பயிரிடுகின்றனர். காய்களிலிருந்து எண்ணெய் எடுக்கின்றனர். இந்த எண்ணெய் சமைய லுக்கும், சோப் தயாரிக்கவும், நெசவுக்கான பசை போடவும், மருந்தாகவும் பயன்படுகிறது. காய்கள் ஊறுகாய் போடப் பயன்படுகின்றன. இலைகளில் கிடைக்கும் வேதிப் பொருள் இரத்த அழுத்தத்தைக் குறைக்கும். கனிகள் உண்ணத் தக்கவை. இம் மரங்கள் இந்தியாவில் பயிரிடப்பட்டாலும் பெரும் பாலும் காய்ப்பதில்லை. காய்த்தாலும் கனிகள் முதிர்ந்து எண்ணெய் தரும் பக்குவமடைவதில்லை.

- தி. ஸ்ரீகணேசன்

ஓவென்ஸ், ராபர்ட் போயி

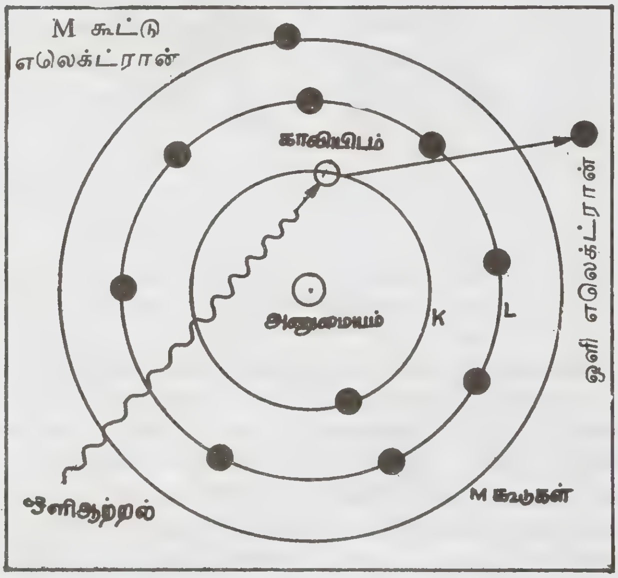
அமெரிக்க வேதியியல் பொறியியல் வல்லுநரான ராபர்ட் போயி ஓவென்ஸ் (Robert Bowie Owens) 1870 இல் மேரிலாந்து என்னுமிடத்தில் பிறந்தார். ஜான்ஸ் ஹாப்கின்ஸ், கொலம்பியா, மாக்கில் ஆகிய பல்கலைக்கழகங்களில் கல்வி பயின்றார். இவர் நெப்ராஸ்காவில் பொறியியல் பேராசிரியராக இருந்து, பிறகு மாக்கில் பல்கலைக் கழகத்துக்கும் அதன் பிறகு ஃபிலடெல்பியாவிற்கும் சென்றார். தோரியம் என்னும் தனிமத்திலிருந்து மின்துகள்கள் வெளியேறுதலை முதன்முதலில் கண்டுபிடித்தார். மேலும் கலம் ஓட்டுதலில் (navigation) பயன்படும் மின்காந்தத் திசை கட்டுப்படுத்தும் முறையையும், மின்சார முடுக்க அளவி (accelerometer), நுண்வகைப் படுத்தும் (differentiation) கருவி ஆகியவற்றையும் கண்டுபிடித்தார். மேலும் இவர் ஆல்ஃபாக் கதிர் களையும் கண்டுபிடித்துள்ளார்.

- உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை

ஓஜோ விளைவு

ஓர் அணுவின் ஓர் எலெக்ட்ரான் வெற்றிடத்தை அதைவிடக் குறைவாகக் கட்டுப்பட்டுள்ள நிலை யிலுள்ள வேறொர் எலெக்ட்ரான் நிரப்பும்போது உடன் தொடர்ந்து நிகழ்கின்ற, அதே அல்லது வேறொரு குறைவாகக் கட்டுப்பட்டுள்ள நிலை யிலிருந்து மற்றோர் எலெக்ட்ரான் வெளிப்படுகின்ற ஓர் உள்ளிடை ஒளிமின் நிகழ்வு (internal photo electric process) ஓஜோ விளைவு (auger effeet) எனப்படும்.

ஒளிமின் விளைவும் தொடர்ந்து எலெக்ட்ரான் வெற்றிடமும். மின்காந்த அலைகள் பொருள்களுடன் மோதுவதில் ஒன்றில் ஒன்றால் ஏற்படும் நிகழ்ச்சி களையும் ஆற்றல் பரிமாற்றங்களையும் பற்றி ஆராயும்போது எக்ஸ்கதிர்களின் ஈர்ப்பும் சிதறலும் பெரும்பாலும் பொருள்களின் உள்ளே நடைபெறுகிற முக்கியமான மூன்றுவகையான நிகழ்ச்சிகளின் பொருட்டே என்று தெரிகின்றது. அவற்றில் ஒன்றான ஒளிமின் விளைவுதான் ஓஜோ விளைவுக்கு வழிவகுக்கின்ற முக்கிய நிகழ்ச்சி ஆகும்.



படம். 1.

ஒளி ஆற்றல் தொகுப்பு (photon) ஓர் அணுவின் மீது மோதும்போது உள்ளே ஏதாவது ஒரு குறிப் பிட்ட பாதையமைப்பில் இயங்குகின்ற எலெக்ட் ரானுடன் மோத நேரிடும். தொடர்ந்து அது தன் ஆற்றலை அந்த எலெக்ட்ரானுக்கு மாற்றி அணுவை விட்டே அதை வெளியேற்றலாம் (படம் 1). இத்தகைய ஒளிமின் விளைவு குறைந்த அணு எண் உள்ள சில மின்காந்த அலை உறிஞ்சிகளைத் தவிர (electromagnetic absorbers) பிறவற்றுடன் எக்ஸ் கதிர்கள் மோதும்போது மிகுதியாக ஏற்படுகின்றன. அதிலும் அணுக்கருவுடன் இறுக்கமாகக் கட்டுப் பட்டுள்ளன. K- நிலை எலெக்ட்ரானுடன் ஏற்படும் இத்தகைய நிகழ்ச்சி பெரும் ச ய்ப்புடன் உள்ளது.

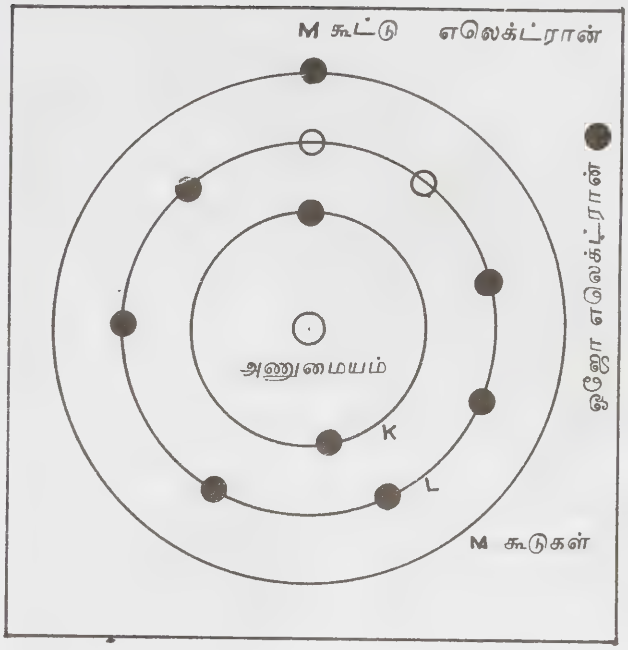
ஓஜோ விளைவு. அணுவின் ஒரு குறிப்பிட்ட ஆற்றல் கட்டுக்குள்ளிருந்து (energy shell) ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளித்தள்ளப்பட்ட பிறகு அந்த இடத்தில் வெற்றிடம் ஏற்படுகிறது. அதனால் அணு சற்றே கிளர்ச்சியுற்ற நிலையில் உள்ளது. அது மீண்டும் கீழ்க்காணும் இரு வகையான நிகழ்ச்சி மாற்றங்களில் ஒன்றினாலோ அவற்றின் தொடர்ந்த நிகழ்வுகளாலோ சாதாரண நிலைக்கு வருகின்றது.

எக்ஸ்-கதிர் வெளிப்பாடு, கதிர் வீச்சில்லா மாற்றம் ஆகிய இரு வகையான நிகழ்ச்சி மாற்றங்களிலும் மிகுதியான ஆற்றல் நிலையிலிருக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் அந்தக் குறைநிலை எலெக்ட்ரான் வெற்றிடத்தை நிறைவு செய்கிறது. இதில் ஓர் ஆற்றல் நிலைக்கும் மறு ஆற்றல் நிலைக்கும் உள்ள கட்டுப்பாட்டு ஆற்றல் (binding energy) வேறுபாடு எக்ஸ்-கதிர்களாக வெளிப்படலாம். இது முதல் வகை நிகழ்ச்சி மாற்றம் ஆகும். இந்த நிகழ்வின் போது, மேற்கூறிய கட்டுப்பாட்டு ஆற்றல் வேறுபாடு மிகுந்த ஆற்றல் நிலையிலுள்ள வேறோர் எலெக்ட்ரானின் கட்டுப்பாட்டு ஆற்றலைவிட மிகுதியாக இருந்தால் எக்ஸ்-கதிர் வெளிப்பாட்டிற்குப் பதிலாக அந்த எலெக்ட்ரானும் வெளிப்பட்டுவிடும் (படம் 2).

இதனால்தான் இது கதிர் வீச்சில்லா மாற்றம் எனப்படுகிறது. ஆய்வு மூலமாக இதை நிறுவிக் காட்டிய ஓஜோ பெயரால் ஓஜோ விளைவு என்று இது குறிப்பிடப்படுகிறது. இது தன்னிச்சைத் துகள் பிரிதல் (auto ionisation) என்று கூறப்படுகிறது.

இவ்வாறாக K-கூட்டில் ஏற்பட்டுள்ள எலெக்ட்ரான் வெற்றிடத்தை நிறைவு செய்யும்போது ஓஜோ எலெக்ட்ரான் L-கூட்டிலிருந்து உருவாகலாம். அவ்வாறு உருவானால் K-கூட்டுக்கட்டுப்பாட்டு ஆற்றல் நிலைக்கும் L-கூட்டுக்கட்டுப்பாட்டு ஆற்றல் நிலைக்குமுள்ள வேறுபாடு L-கூட்டுக்கட்டுப்பாட்டு ஆற்றலை விட மிகுதியானது என்று பொருள். அதாவது வெளிப்பட்ட ஓர் ஓஜோ எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல் ஒரு K-கூட்டுக்கட்டுப்பாட்டு ஆற்றலுக்கும் L-கூட்டுக் கட்டுப்பாட்டு ஆற்றலின் இரு மடங்குக்கும் உள்ள வேறுபாடாகும். இவ்வாறு K-கூட்டு வெற்றிடத்தை L-கூட்டு எலெக்ட்ரான் நிறைவு செய்யும்போது வெளிப்படுகின்ற L-கூட்டு ஓஜோ எலெக்ட்ரான் K-LL ஓஜோ எலெக்ட்ரான் எனப்படும்.

ஓஜோ விளைவின் முன்னோடியும் ஆய்வும். பார்க்லா, சாட்லர் ஆகியோர் சில தனிப்பட்ட பொருள்களின் மூலம் K-கூட்டில் சற்று ஆற்றல் மிகுந்த எக்ஸ்-கதிர்கள் உறிஞ்சப்படுகின்றன என்பதைக் கண்டனர். கோசல் ஒளிமின் வெளிப்பாடு தவிர மிகையாக ஏற்படும் உள்ளிட்ட வெற்றிடங்கள் கதிர்வீச்சில்லா நிகழ்வு மாற்றங்கள் மூலமாக நிறைவு செய்யப்பட்டிருக்கக்கூடும் என்று தெரிவித்தார். வில்சன்



படம் 2

என்பவர் தம் முகிலறை (cloud chamber) ஆய்வு மூலமாக ஒரே அணுவிலிருந்து இரு எலெக்ட்ரான்கள் ஒரேநேரத்தில் வெளிப்படுவதைத் கண்டறிந்தார். இவ்வாறு படிப்படியாக வளர்ந்த கருத்துக்கு ஓஜோ முதன் முறையான திட்டமான ஆராய்ச்சியும் ஆய்வு வடிவமும் கொடுத்தார். அவர் தம் முகிலறையில் ஆர்கன் வளிமத்தைப் பயன்படுத்திச் செய்த ஆய்வுகளின் பயனாகக் கிடைத்த புகைப்படங்களால் கீழ்க்காணும் குறிப்புகளை உறுதிப்படுத்தினார்.

முகிலறையில் பயணம் செய்யும் எக்ஸ்கதிர்கள் ஒளி எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் பயணம் செய்த சுவடுகளின் நீளம் எக்ஸ்கதிர்களின் ஆற்றல் பெருகப் பெருக உயரும். ஒளி எலெக்ட்ரானும் அதைத் தொடர்ந்து ஓஜோ எலெக்ட்ரானும் ஒரே புள்ளியிருந்து தோன்றுகின்றன. ஓஜோ எலெக்ட்ரான் சுவடு (trace) நீளம், பயன்படுத்தப்பட்ட எக்ஸ்கதிரின் அலைநீளத்தின் சார்புடையதன்று. முகிலறையில் பயன்படுத்தப்பட்ட வளிமத்தைச் சார்ந்தது. ஓஜோ எலெக்ட்ரான் வெளிப்படும் திசை, எலெக்ட்ரான் வெளிப்படும் திசையுடன் தொடர்புடையதன்று. அனைத்து ஒளி எலெக்ட்ரான் சுவடுகளும் உடன் தோன்றும் ஓஜோ எலெக்ட்ரான் சுவடுகளைக் கொண்டிருப்பதில்லை. அவருடைய ஆய்வில் பொதுவாக K-LL ஓஜோ எலெக்ட்ரானின் சிறிய சுவடுகளைக் கண்டார். சிற்சில சூழ்நிலைகளில் மேலும் சில கூடுதலான ஓஜோ எலெக்ட்ரான் சுவடுகளைக் கண்டார். அவை

தொடர்ந்த நிகழ்ச்சிகளாக இரண்டாம் ஓஜோ எலெக்ட்ரானின் வெளிப்பாடு என அறியப்பட்டது,

ஓஜோ விளைவுக்கான வாய்ப்பு. அணுவின் ஏதாவது ஒரு கூட்டில் ஏற்படும் வெற்றிடம் ஓஜோ விளைவு மூலம் நிறைவு செய்யப்படக்கூடிய வாய்ப்பு, அந்த அணுவில் சிறும அளவு இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் கருவுடன் குறைந்த கட்டுப்பாட்டுடன் பிணைக்கப் பட்டு, வெளிப்படுகின்ற ஓஜோ எலெக்ட்ரானுக்கு அந்த விளைவில் எஞ்சிய ஆற்றலைக் கூடுதல் ஆற்ற லாகக் கொடுக்கக்கூடியதைப் பொறுத்தது. ஒளி ஆற்றலாக வெளிப்படுவது மட்டுமே எளிதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு வந்ததால், ஓஜோ வெளிப் பாட்டிற்குரிய நிகழ்வாய்ப்பு மிகுதியாக இருப்பது அறிந்து கொள்ளாமலேயே இருந்து வந்தது.

அணு எண் குறைவாக உள்ள மூலகங்களுக்கு K-கூட்டு வெற்றிடம் எக்ஸ் கதிர் வீச்சு வெளிப் பாட்டைவிட 99.9% மிகுதியுடன் ஓஜோ நிகழ்வால் நிறைவு செய்யப்படுகிறது. இதுவே யுரேனியத்திற்கு 2% ஆகக் குறைந்து விடுகிறது. பிற கூட்டு வெற்றிடங்கள் ஓஜோ விளைவினால் நிறைவு செய்யப்பட்ட மிகுந்த வாய்ப்புள்ளவையாக உள்ளன. மொத்தத்தில் ஒவ்வோர் ஓஜோவிளைவு நிகழ்வும் அணுவிலிருந்து எலெக்ட்ரானை வெளிக் கொணர்வ தால் அணுவின் கூடுதல் மின்துகள் நிலையை (positive ionisation) உயர்த்துகிறது.

ஓஜோ அலைவரிசை. கதிர்வீச்சில்லாப் பிற எலெக்ட்ரான் அலைவரிசை பற்றியும் ஓஜோ நிகழ்வு பற்றியும் செய்யப்பட்ட திறனாய்வுகளும் அளவீடு களும் அடிப்படை அணு மற்றும் திண்நிலைக் கருத்துகள் (solid state theory) வேதியியல், பொருள் அறிவியல் ஆகியவற்றின் முக்கியமான ஆய்வுகளுக்கு வழி வகுக்கின்றன. ஓஜோ எலெக்ட்ரான் எண், ஆற்றல் அலைகளின் தன்மை முதலியவற்றின் அள வீடுகள் ஓஜோ அலைவரிசை எனப்படும்.

- சோ. இராசசேகரன்

நூலோதி. B. Crasemann (Ed.), *Atomic Inner Shell Processes*, Academic Press, New York, 1975.

பொருளடைவு

அகஒளி மின்விளைவு 673
அகச்சமனம் 765, 813
அகப்பிளாச வலை
  அமைப்பு 128
  செயல்பாடு 128
அகப்புறவொட்டுண்ணி 192
அச்சுப் பதிவாகும் முறை 723
அசெட்டைலேற்றம் 169
அசையும் சுருள் ஒலிபெருக்கி 646
அசையும் சுருள் மின்னியக்க ஒலிவாங்கி 657
அசைனஸ் 821
அசோக மரம் 392
அடர்த்தி 585
அடர்பகு எண் 116
அடிப்படை உறுப்பு 589
  அளவுகாட்டி 589
  ஒப்பளவியைப் பயன்படுத்தும் முறை 589
  தளம் 589
  புலன் 589
  மிகைப்பி 589
அடிப்படைக் குவாண்டம் எண் 350
அடிப்படைச் சமன்பாடு 654
அடிப்படைச் செயல்முறை 110
  கழித்தல் 110
  கூட்டல் 110
  பெருக்கல் 110
  வகுத்தல் 110
அடிப்படைச் செயல்முறை வகுத்தல் 110
அடிப்படைப் பிரிவு 231
  ஆற்றல் 231
  உற்பத்தி 232
அடியொலி 641
அடுக்கு ஏற்றம் 110
அடைப்புரசொலி 640
அடைப்பொலி 640
அண்மை முனைவு 835
அணுக்கற்றை அளவீடு 372
அணுத்தெறிப்பு 355
அதமப் பொதுமடங்கு 108
அதியியல் எண் 108
அதிர்வு அளக்கும் கருவி 208
  அலைவெண் அளவிடும் கருவி 209
  வீச்சு அளவிடும் கருவி 208
  வேகம், வேகப்பெருக்கத்தை அளவிடும் கருவி 209
அதிர்வு ஏற்பி 208
அதிர்வு ஒடுக்கி 208
  உலோக அதிர்வு ஒடுக்கி 208
  கரிம அதிர்வு ஒடுக்கி 208
அதிர்வுகளின் ஒடுக்கம் 543
அதிர்வு வளைவு முறை 700
அதிர்வெண் அளவீடு 650
அதிர்வெண் கலப்பு 768
அமிலத்தினால் சர்க்கரைக் கரைசலில் ஏற்படும் இடவலமாற்றம் 756
அமுக்க உறுப்பு 2
அமுக்க விசை வலிவூட்டி 20
அமைப்பு 129
அமைப்பு
  எரிகலப்பியின் 269
  எலும்பின் 333
  ஐசோபெரினாய்டின் 497
  ஒத்தியங்கியின் 570
அயல் இனக்கலப்பு 614
அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி 355
  அணுத்தெறிப்பு 355
  இரண்டாம் கட்ட எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் 355
  ஒளிர்வு நிகழ்ச்சி 356
  படிகக் கட்டமைப்பு விளைவு 356
  பிரதிபலித்த அயனி 355
அர்னட்டெல்லா 130
அரிப்புக்காப்பு செய்யும் முறை 5
அல்கலாய்டும்-உட்கூட்டுப்பொருளும் 93
அல்லி வட்டம்
  எட்டியின் 91
  எரிகேசியின் 274
  எருக்கின் 303
  ஏழிலைப் பாலையின் 469
  ஐசோசியேசின் 515
  ஐந்து காயப்பூவின் 506
  ஒதியமரத்தின் 584
  ஒனக்ரேசியின் 839
  ஓமத்தின் 892
  ஓலியேசியின் 910
அலகு கோணத்திரிபு 755
அலை 877
அலை நீளம் காணல் 45
அலை வடிவைக் கட்டுப்படுத்தி மின்னழுத்தத்தைச் சீரமைத்தல் 582
அலை வழி நடத்தி 205
அலைவுகளின் ஒடுக்கம் 545
அலைவெண் 208
அலைவெண் அளவிடும் கருவி 209
அழிவு தரும் எறும்பு 408

அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில் எரிபொருள் உட்செலுத்துதல் 284
அழுத்த எரிபற்றும் பொறியில் எக்கி 289
அழுத்தம் வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றால் திசைவேகம் மாற்றமடைதல் 623
அளவிடல்
உட்கவர்தல் 43
செறிவு 43
அளவீடு
சாண்டர்சன் 361
பாலிங் 360
முல்லிக்கண் 361
அளவு கருவி 547
அறிகுறி
எலும்பிளக்கி நோயின் 332
அறுகோணத் திருகுமரை 222
அன்ஜசாப்டிரா 870
அனாஸ்பிடா 343
ஆக்சிஜன் 878
ஆக்சிஜனேற்றி 449, 452
ஆடொலி 641
ஆண்மை நீக்கம் 306
ஆமணக்குக் குடும்பம் 615
ஆய்லர்-மெக்லாரின் வாய்பாடு 122
ஆய்லரின் சார்பு 112
ஆய்வு ஒவ்வான் 663
ஆர்னித்தோரின்கிடே 895
ஆரத்தகைவு 14
ஆவியாகும் தைலம் 139
ஆவி வெளிப்படும் பிளவும், ஊற்றுக்கண்ணும் 297
ஆற்றல் 231
ஆற்றல் உந்தம் தொடர்பு 672
ஆற்றல் மட்டம் 372, 818
ஆற்றல் மாற்றிகள் 646
ஆற்றல் மூலம்
ஒளிச்சேர்க்கையின் 709
ஆன்ட்டி மாற்றியம்
ஆஸ்ட்டியோ ஆர்த்ரைட்டிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோஃபைபிரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோ கோண்ட்ரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோ டிஸ்ட்ரோஃபி 337
ஆஸ்ட்டியோ பெட்ரோசிஸ் 337
ஆஸ்டிக்மாட்டிசா 732
இடப்பெயர்ச்சி எக்கி 33
இடமாறு தோற்றத்தை அளக்கும் முறை 805
இடவலமுறி நடுநிலையாக்கல் 763, 766, 813
இடைச்செய்தித் தொடர்புக் குறியீடு 897
இடைத்தரத் தொலைவு ஏவுகணை 431
இடைநிலைத் தனிமம் 353
இடைமதிப்புக்காணல் 125
இடைவெட்டு ஏவுகணை 441
இணக்கி 449
இணை ஒலி 622
இணை காந்த ஏற்பு 471
இணை வடிவப்பக்கம் 824
இந்திய அரேபிய முறையில் உள்ள சிறப்பு 160
இந்திய ஓக் மர இனங்கள் 845
இந்தியப்புதர் எலி 326
இந்தியாவில் ஏவூர்தி வானியல் 467
இமைத்தல் முறை ஒளி அளவி 677
இயக்கவகை ஒலிவாங்கி 662
இயக்கி 31
இயங்கியல் எதிர் இயக்கம் 168
இயங்கும் கோட்பாடு 571
இயங்கு முறை
எஸ்ட்டராக்கலின் 417
இயங்குவிசை ஒப்புமையாக்கம் 601
இயல்பு ஒப்பிணைமை 595
இயற்கை அல்லது செயற்கை ஆற்றலால் பூச்சி கட்டுப்படுத்துதல் 608
இயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் 182
இயற்கை எரு 303
இயற்ஜுகை ஒடுக்கம் 544
இயற்கையதிர்வு 206
இயற்கையில் ஐசோபெரினாய்டு கிடைப்பு 499
இயற்கை வளிமம் 292
இயற்பியல் காரணி
அலை 877
ஒளி 877
வெப்ப நிலை 877
இயற்பியல் பண்பு
ஐசோகுயினோலினின் 485
ஒலிஃபீன் இழையின் 645
ஓசோனின் 849
ஒப்பலின் 881
இரட்டைச் சட்டிக்கொழு 243
இரட்டைப்பசை எரிபொருள் 446
இரட்டைப்பிளவில் ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 701
இரட்டை விலக்கம் 810
இரண்டன் முறை 163
இரண்டாம் கட்ட எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் 355
இரண்டாம் வகை எதிர்ப்பாற்றல் 182
இரண்டாம் வரிசை விளைவு 768
இரண்டு ஓட்ட அமைப்பு 571
இரத்தின வகை ஒப்பல் 881
இருநீர்ம உந்து எரிபொருள் 452
இரு பக்கச்சக்கர அமைப்பு 242
இரு பகுப்புக்கணிப்பு வழி 124
இருமாறிகளிடையே உள்ள ஒட்டுறவைக் காணும் சில முக்கிய முறை 534
இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின் சுற்று வழி 596

இருவிரல் எறும்புண்ணி 411
இலாடம் அடித்தல் 306
இலை
  எட்டிக்காயின் 91
  எருக்கின் 303
  எருமைப் புல்லின் 316
  ஓனக்ரேசியின் 837
  ஓக் மரத்தின் 844
  ஓமத்தின் 892
  ஓரிதழ்த் தாமரையின் 899
  ஓலியேசியின் 910
இலை எண்ணெய்
  யூகலிப்டஸ் குளோபுலஸ் 140
  ஜெரானியம் 140
இழுவிசை உறுப்பு 1
இழுவிசைக்கம்பிகளுக்கிடையே பெரும இடைவெளி 19
  ஓரத்திண்ணம் 19
  பலகம் 19
  விட்டம் 19
இழுவிசை வலிவூட்டி 20
இழுவிசை வலியூட்டிக் குறைவெட்டல் 18
இழை 620
இறக்கைக்கொழு 242
இறுகுத்திருகுமரை 224
இறைச்சி
  எருமையின் 310
இன்னலும் வெற்றியும் 157
இன எதிர்ப்பாற்றல் 183
இனக்கணக்கீடு 312
இனப்பெருக்கப்பறத்தல் 406
இனம் 310
  சுர்த்தி 312
  முர்ரா 311
  மேசானா 312
  ஜாபர்பாடி 311
ஈக்குவஸ் 820
ஈக்குவிடே 820
  அசைனஸ் 821
  ஈக்குவஸ் 820
  டோலிகோஹிப்பஸ் 821
  ஹிப்போ டைக்ரிஸ் 821
ஈர வகைப்படுத்தும் எந்திரம் 256
ஈரல் இரட்டைப்பசை எரிபொருள் 450
ஈரியல் உந்து எரிபொருள்கள் 447
  இணக்கி 449
  ஈரியல் இரட்டைப்பசை எரிபொருள்கள் 450
  உலோக எரிபொருள் 449
  எரிவேகம் மாற்றி 449
  குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள் 449
  பல்லுறுப்புப் பசைக்கோவை 448
  நிகழ்ச்சி உதவி 449
  நிலைப்பான் 450
  வினையூக்கி 449
  வெப்பத்தால் இளகுவன 449
  வெப்பத்தால் இறுகுவன 449
ஈன்றமாடு கருப்பையை வெளித்தள்ளினால் செய்ய வேண்டிய மருத்துவம் 313
உட்கவர்தல் எண் 43
உடன் கொல்லும் நச்சுகள் 329
உடன் தீப்பற்றாக் கலவை 452
உடன் விளைவு 709
உடனடி ஒவ்வாமை 664
உடனடிப் படம் தரும் ஒளிப்படக்கருவி 717
உடனொளிர்வு 818
உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு 788
உத்தமப் பொதுக்காரணி 108
உத்திரம் 3
உந்து எரிபொருள்களின் வளர்ச்சி 443
உப்புத்தன்மை 878
உமிழ் நிறமாலை 736
உயர் வெற்றிடக்குழாய் 58
உயிரி ஒளிர்வு 785
உயிரிகளின் தகவமைப்பு 878
உயிரியல் கட்டுப்பாடு 608
உயிரின ஒளிர்வு 799
உயிரொளி 641
உரசொலி 640
உராய்வு ஒடுக்கம் 544
உருக்குலைவு 733
உருண்டை முறை 447
உருத்துலக்கம் 638
உருத்துலக்கி 725
உருப்பெருக்கி 726
உருமாற்றம் 15
உருவ மிகைப்பிக் குழல் 746
உருவாக்கப்பட்ட அதிர்வு 206
உருளைக் கிழங்கிலிருந்து எத்தில் ஆல்கஹால் தயாரித்தல் 166
உருளை வடிவத் திருகுமரை 224
உலர்த்துதல் 103
உலர் மறுதோன்றிமுறை 236
உலர் மறுதோன்றி வனரமுறை 236
உலை எண்ணெய் 291
உலை வளிமம் 293
உலோக அதிர்வு ஒடுக்கி 208
உலோக எரிபொருள் 449
உள் இடை நிலைத்தனிமம் 353
உற்பத்தி 153, 232
  தானே மேல் வருதல் 153
  எக்கிகள் மூலம் எடுத்தல் 154
  மேம்படுத்தும் முறை 147
  இடையூறு 154

உற்பத்தியில் இடையூறு 154
உறிஞ்சடைப்பொலி 640
ஊடகம் 622
எஃகு கட்டகம் 1
அமுக்க உறுப்பு 2
அரிப்புக்காப்புச் செய்யும்முறை 5
இழுவிசை உறுப்பு 1
உத்திரம் 3
எஃகு கட்டகங்களின் உறுப்பு 1
கட்டகம் தாங்கவேண்டிய சுமை 1
கட்டுமானம் 5
காப்புமுறை 5
கோர்வு உத்திரம் 4
தகட்டு உத்திரம் 3
தீப்பாதுகாப்பு 5
நிலைப்பாடு 1
வலிமை 1
விறைப்புத்தன்மை 1
எஃகு தயாரிப்பில் திறந்த உலைமுறை 7
எஃகு தயாரிப்பில் புதிய முறைகள்
காரவகை ஆக்சிஜன் முறை 8
வெற்றிட முறை 9
மின்தூண்டல் உருக்கு முறை 8
எஃகு தயாரிப்பு 5
எஃகு தயாரிப்பு வகை 6
காற்றியங்கி முறை 6
திறந்த உலைமுறை 7
மின்முறை 8
புதிய முறைகள் 8
காரவகை ஆக்சிஜன் முறை 8
மின்தூண்டல் உருக்குமுறை 8
வெற்றிட முறை 9
எஃகு மீளுந்தன்மையை விளக்கும் ஆய்வு 13
எஃகு மேற்புறத்தைக் கடினப்படுத்தும் முறை 9
எஃகு மேற்புறம் கடினப்படுத்தல் 9
கடினப்படுத்தும் முறை 9
கரி நீரூட்டல் 11
கரி நைட்ரஜன் ஊட்டல் 10
கரியூட்டல் 9
கரியூட்டலுக்கு ஏற்ற எஃகு 10
சயனைடு ஊட்டல் 11
திண்மநிலைக் கரியூட்டல் 9
தீச்சுடர் மூலம் கடினப்படுத்தல் 11
சுழல் முறை 12
தொடர் சுழல் முறை 12
தொடர் முறை 12
நிலையான முறை 12
நைட்ரஜன் ஊட்டல் 11
மின்தூண்டல் மூலம் கடினப்படுத்தல் 12
மேற்பரப்பைப் பதப்படுத்தல் 12
வளிமநிலைக் கரியூட்டல் 10
எஃகு வலிவூட்டி 2
கம்பி நார் 16
கற்காரையில் பயன்படும் கட்டமைக்கப்பட்ட மிகு இழுவலிமை எஃகுகம்பி வலைகள் 16
மீளுந்தன்மையை விளக்கும் ஆய்வு 13
முன்தகைவுறு கற்காரைக்கான மிகு இழுவலிமை எஃகு உருட்டுக்கம்பி 14
ஆரத்தகைவு 14
உருமாற்றம் 15
கம்பியின் அளவு 15
தனிமப்பொருள் 16
முறுக்கப்பட்ட கம்பிகள் 14
எஃகு வலிவூட்டிகளின் வடிவமைப்பு 16
அமைவுக் குறிப்பு 17
இழுவிசைக் கம்பிகளுக்கிடையே பெரும இடைவெளி 19
ஓரத் திண்ணம் 19
பலகங்கள் 19
விட்டங்கள் 19
இழுவிசை வலிவூட்டிக் குறைவெட்டல் 18
எதிர் திருப்புமை வலிவூட்டி 19
கட்டக வரைபடம் 17
கம்பி வளைப்பட்டியல் 17
கற்காரைக் கட்டமைப்பு வலிவூட்டி 20
அமுக்கவிசை வலிவூட்டி 20
இழுவிசை வலிவூட்டி 20
பக்கப்பகுதி வலிவூட்டி 20
குமிழ் நிலத்தூண் 27
சட்டகம் 29
தளமட்டப்பலகம் 22
துணிப்பு விசை, முறுக்கு விசை வலிவூட்டி 20
துணிப்பு வலிவூட்டி 20
பலகம் 21
முறுக்க வலிவூட்டிகளின் பரவல் 20
துருத்துப் பலகம் 22
தூண்களில் குறுக்கு வலிவூட்டி 22
தூண்களில் நெடுக்கை வலிவூட்டி 21
நிலத்தூண் அடிமானம் 26
நில்த்தூண்களின் மேல்தலை 26
நேர் திருப்புமை வலிவூட்டி 19
மாடிக்கட்டு 22
வகை 17
வலிவூட்டிகளின் சிறும இடைவெளி 19
எக்கி 31
இயக்கி 31
குழாய்க்கிணறு எக்கி 31
கைஎக்கி 32
சுழல் இயக்க எக்கி 31
தேர்ந்தெடுத்தல் 32
நிறுவுதல் 32

எக்கிட்னா 32
எக்கிட்னிடே 895
எக்கி மின்னோடி 33
  இடப்பெயர்ச்சி எக்கி 33
  மைய விலக்கு விசை எக்கி 34
எக்கியூரா 34
எக்கைனோகாக்கஸ் 36
  நோய்க்காப்பு முறை 37
  நோய் பரவல் 37
  வாழ்க்கை வரலாறு 36
எக்கைனோடெர்மேட்டா 37
எக்டோகார்பஸ் 37
எக்லோகைட் 40
எக்ஸ் கதிர் 41
  அலைநீளம் காணல் 45
  அளவிடல் 43
    உட்கவர்தல் எண் 43
    செறிவு 43
  உருவாக்கல் 41
    கூலிட்ஜ்குழாய் முறை 42
    பீட்டாட்ரான் 43
    வளிமக்குழாய் முறை 41
  எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை 46
    பண்பு 43
    பயன் 48
    மோஸ்லே விதி 47
  லாவேயின் புள்ளிக்கோலம் 45
எக்ஸ் கதிர் உட்கவர்தல் 69
எக்ஸ் கதிர் உடனொளிர்வு 70
எக்ஸ் கதிர் ஒளியியல் 49
  எக்ஸ் கதிர் முனைவாக்கம் 56
  காம்ப்டன் விளைவு 55
  படிக்கீற்றணியும் பிராக் விதியும் 49
  பிராக் எக்ஸ்கதிர் நிறமாலை அளவி 50
    குறை 52
    செம்மைப்படுத்தல் 52
  மோஸ்லே விதி 54
  லாவே புள்ளிக்கோலம் 49
  லாவே புள்ளியின் தோற்றம் 50
எக்ஸ்கதிர் குழாய் 57
  உயர் வெற்றிடக்குழாய் 58
  சிறப்பு எக்ஸ்கதிர்க் குழாய் 58
எக்ஸ்கதிர் கோட்டம் (விளிம்பு விளைவு) 60
  பயன் 61
  பிராக் விதி 60
  விளைவு ஆய்வு 61
    சுழலும் படிக முறை 61
    தூள் அல்லது பொடிமுறை 61
    லாவே முறை 61
எக்ஸ்கதிர் கோட்ட ஆய்வுகளில் தூள் அல்லது பொடிமுறை 61
எக்ஸ்கதிர் தூள் முறை 60
எக்ஸ்கதிர் தொலைநோக்கி 65
எக்ஸ்கதிர் நிறமாலை 65
  எக்ஸ்கதிர் உட்கவர்தல் 69
  எக்ஸ்கதிர் உடனொளிர்வு 70
  நேரிடை எக்ஸ்கதிர் கிளர்ச்சி முறை 67
எக்ஸ்கதிர் படிகவியல் 73
  ஃபூரியர் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி வரைபடம் 77
  காரணிகளைத் தூய்மையாக்கல் 77
  படிகக்கட்டுமானப் பகுப்பாய்வு 75
  பதிவு செய்யும் முறை 75
  பார்டர்சன் வரைபடம் 76
  புள்ளியியல் முறை 77
  விளிம்பு விளைவு 73
எக்ஸ்கதிர் முனைவாக்கம் 56
எக்ஸ்கதிர் வானியல் 78
எக்ஸ்கதிர் விண்மீன் 80
எக்ஸ்ட்டோசிஸ் 337
எங்லர் அடால்ஃப் 81
எச்ச உறுப்பு 83
எச்சம் (கணிதம்) 84
எச்சம் (கால்நடை) 85
எச்சரிப்பு அமைப்பு 85
எச்சரிப்பு வண்ணம் 87
எச்சில், கால்நடை 89
எஞ்சிய நச்சு 90
  பால் 91
  வெங்காயம் 91
எட்டன்மான முறை 164
எட்டிக்காய் 91
  அல்கலாய்டும் உட்கூட்டுப்பொருளும் 93
  அல்லிவட்டம் 91
  இலை 91
  கனி 92
  சூலகம் 91
  தயாரிக்கும்முறை 92
  நச்சுத்தன்மை 93
  பிறபயன் 93
  புல்லிவட்டம் 91
  மகரந்தத்தாள் 91
  மஞ்சரி 91
  மருத்துவப்பயன் 93
  மருத்துவம் 94
  மலர் 91
  வளரிடம் 92
  வளரியல்பு 91

விதை 92
எட்டிச்சத்து 95
எட்டிச்சத்துத் தயாரிக்கும் முறை 92
எட்வர்ட்சியா 95
எட்ஜீவர்த்.:பிரான்சிஸ் இசிட்ரோ 96
எடிங்ட்டன் சர் ஆர்தர் ஸ்ட்டேன்லி 96
எடிசன் மின்கலம் 98
எடிசன் விளைவு 99
எடை 99
எடையறிப் பகுப்பாய்வு 101
கணக்கீடு 104
கரைத்தல் 101
புடக்குகை 102
புழுக்குதல் 102
வடித்தல் 102
வடிதாள் 102
வீழ்படிவாக்கல் 101
உலர்த்துதல் 103
கழுவுதல் 103
குளிர்வித்தல் 103
சுட்டெரித்தல் 103
எடையின்மை 104
விளைவுகள் 105
எண் 106
அதியியல் எண் 108
உத்தமப்பொதுக்காரணி 108
கலப்பெண் 108
பகா எண் 108
பின்னம் 107
மடக்கை 108
முழுஎண் 107
மெய்யெண் 107
அதமப் பொதுமடங்கு 108
விகிதமுறா எண் 108
விகிதமுறா மூலம் 108
விகிதமுறு எண் 108
எண் கணிதம் 109
அடிப்படைச் செயல்முறை 110
கழித்தல் 110
கூட்டல் 110
பெருக்கல் 110
வகுத்தல் 110
அடுக்கு ஏற்றம் 110
எண்மானம் 109
ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த இயைபுடையது 110
பின்னம் 109
மூலம் 110
வகுஎண் கோட்பாடு 110
எண் கோட்பாடு 110
ஃபெர்மாட்டின் தோற்றம் 114
அடர்பகு எண்கள் 116
அமைப்பு 111
ஆய்லரின் சார்பு 112
கூட்டுத்தொடர் 113
சர்வசமம் அல்லது ஒருங்கிசைவு வரையறை 115
டையாபாண்ட்சின் சமன்பாடு 114
டையாபாண்ட்சின் தோராயத்தில் ஓர் எடுத்துக்காட்டு 114
நிறை எண் 112
பகா எண் காணும் முறை 111
முழுமைப்பகுதி 112
வில்சன் தேற்றம் 114
எண்கோணம் 116
எண்சட்டம் 117
கூட்டல் கழித்தல் முறை 118
பெருக்கல் முறை 118
வகுத்தல் முறை 119
எண்சார் தொகையிடல் 120
ஆய்லர்-மெக்லார் வாய்பாடு 122
கோட்கம் சார்ந்த விதி 121
சிம்சன் 1/3 ஆம் விதி 121
சிம்சன் 3/8 ஆம் விதி 122
நியூட்டன்-கோட்ஸ் வாய்ப்பாடு 123
பரப்புகாண் வாய்பாடு 120
வெடில் விதி 122
ஸ்டர்லிங் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்புகாண் வாய்பாடு 123
பெஸ்ஸல் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்புகாண் வாய்பாடு 123
எண்சார் பகுப்பாய்வு 123
இடைமதிப்புக் காணல் 125
இருபகுப்புக்கணிப்பு வழி 124
சமன்பாடுகளின் மூலம் 124
சீகண்ட் கணிப்பு வழி 124
தோராயம் 125
நியூட்டன் கணிப்புவழி 124
நேரியல் சமன்பாடுகளின் தீர்வு 125
வகைகெழுச் சமன்பாடு 125
வரம்பு மதிப்புக்கணக்கு 125
எண்சார் வகையிடல் 216
நியூட்டன்-கிரிகோரி இடைமதிப்புக் காணும் வாய்பாடு 126
நியூட்டன் - கிரிகோரி பின்முக வாய்பாடு 123
நியூட்டன் - பெஸ்ஸல் வாய்பாடு 126
நியூட்டன்-ஸ்டெர்லிங் வாய்பாடு 126
எண்டோப்பிளாச வலை 126
அகப்பிளாச வலை அமைப்பின் செயல்பாடு 128
அகப்பிளாச வலை அமைப்பின் தோற்றம் 128
குமிழி 128

சிஸ்டர்னே 128
நுண்குழல் 128
புறத்தோற்றம் 128
எண்டோபுரோக்ட்டா 129
அமைப்பு 129
அர்னட்டெல்லா 130
பெடிசெல்லினா 130
லாக்சோசோமா 130
வாழுமிடம் 129
எண்ணுக்கருவி 130
கீகர் எண்ணுக்கருவி 130
சுடர்ப்பொறி எண்ணி 131
பகுதி கடத்தியால் கண்டறியும் கருவி 132
மிகக்குறைந்த அளவு எண்ணி 132
எண்ணும் மின்சுற்று 132
எண்ணெய் உலை 133
எண்ணெய் எரிப்பி 133
கூம்புக்குழல் 135
கொள்கலன் பொருத்துதல் 136
திறன் 133
பயன் 136
எண்ணெய்க் குழாய்க்கிணறு திசை விலகல் காட்டி 136
சூர்வெல் காட்டி 137
ஸ்லெம்போசர் காட்டி 137
எண்ணெய்ச் சுரங்கவியல் 137
எண்ணெய்த் தாவரம் 139
ஆவியாகும் தைலம் 139
இலை எண்ணெய் 140
யூகலிப்டஸ் குளோபுலஸ் 140
ஜெரானியம் 140
கட்டை எண்ணெய் 140
கொழுப்புறை எண்ணெய் 140
புல் எண்ணெய் 139
எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெய் 139
சிட்ரோனெல்லா எண்ணெய் 139
பாமரோசா எண்ணெய் 139
வெட்டிவேர் எண்ணெய் 139
எண்ணெய்ப்பனை 140
அடர் எண்ணெய்த் தயாரிப்பு 142
அடர்த்தி குறைந்த எண்ணெய்த் தயாரிப்பு 142
எண்ணெய் உற்பத்தி 142
பயிரிடும் முறை 141
வளர்ச்சி 141
எண்ணெய் மீட்பு முறை 142
எண்ணெய்ப் படுகைகளின் தன்மை 143
கரைப்பான் 144
பல்லுறுப்பிப் பாய்மம் 144
பிறநுட்பம் 144
வெப்பமுறை நுட்பம் 143
எண்ணெய் வயல் மாதிரிப்படிவம் 144
எண்ணெய் வயல் மேம்பாடு 151
எண்ணெய் வளிமக்கிணறு சீர் செய்தல் 145
உற்பத்தி மேம்படுத்தும் முறை 147
எண்ணெய் உற்பத்திக் கட்டுப்பாடு 146
காப்புக்குழாய் 146
குழாய்க் கிணற்றோடு எண்ணெய்த் தேக்கத்தை இணைக்கும் முறை 146
நீர்த்தடை 147
மணல் நீக்கம் 147
எண்ணெய் வளிமக்கிணறு தோண்டல் 148
கிணறு தோண்டும் ஆய்வு 149
கிணறு தோண்டும்போது பயன்படுத்தப்படும் பாய்மங்கள் 148
தோண்டு கிணற்றில் திசைக் கட்டுப்பாடு 148
தோண்டும் செலவு 148
எண்ணெய் வளிமக் கொள்கலன் 149
கடலில் கொள்கலன் 150
புவிக்கடியில் கொள்கலன் 150
எண்ணெய் வளிமம் 293
எண்ணெய் வளிம வயல்களின் தீர்க்கை 150
த்தி முறை 153
எக்கிகள் மூலம் எடுத்தல் 154
தானே மேல் வருதல் 153
உற்பத்தியில் இடையூறு 154
எண்ணெய் வயல் மேம்பாடு 151
சட்டமும் இயற்கைக் கட்டுப்பாடுகளும் 153
மேம்பாடு 150
எண்ணெயும் வளிமமும், கடலண்மைப்படிவில் 155
இன்னலும் வெற்றியும் 157
கடல் அண்மைப்பகுதியில் கிணறு தோண்டுதல் 156
கடலும் நிலவியல் அறிவும் 156
எண்ம எண்முறை 157
எண்மானங்கள்-குறியீட்டு முறை 158
இந்திய அரேபிய முறையில் உள்ள சிறப்பு 160
எண்மானம் 109
எண்முகத்தகம் 161
எண்முறை (கணிதம்) 161
இரண்டன் முறை 163
எட்டன்மான முறை 164
பதின்மான முறை 161
எண்முறை (மின்னணுப் பொறியியல்) 165
எத்தில் ஆல்கஹால் 115
தயாரிப்பு 165
ஃபிஷர்-ஸ்ட்ரோஸ்ச் முறை 165
உருளைக் கிழங்கிலிருந்து தயாரித்தல் 166
எத்திலீனைச் சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தால் நீரேற்றம் செய்தல் 165

எத்திலீனை வினையூக்க நீரேற்றம் செய்தல் 165
கருப்பஞ்சாற்றிலிருந்து தயாரித்தல் 166
தொழில் முறையில் நொதிக்க வைத்தல் 165
தனி ஆல்கஹால் 166
எத்திலீன் 166
தயாரிப்பு 166
பயன் 166
பெறுதி 166
எத்திலீன் குளோரோஹைட்ரின் 167
எத்திலீனைச் சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தால் நீரேற்றம் செய்தல் 165
எத்திலீனை வினையூக்க நீரேற்றம் செய்தல் 165
எதிர் இயக்கம் 167
அசெட்டைலேற்றம் 169
இயங்கியல் எதிர் இயக்கம் 168
பாரம்பரியக் காரணிகள் 168
மருந்தியல் எதிர் இயக்கம் 167
எதிர் இரும்பியல் காந்தம் 691
எதிர் ஈர்ப்பு 172
எதிர் எதிராட்டத்துளைப்பு 173
எதிர் ஒத்திசைவு 174
எதிர் ஒளிப்படக்கருவி 716
எதிர்- காந்த ஏற்பு 471
எதிர் காந்தவியல் 174
தனி எலெக்ட்ரான்களில் எதிர்காந்தவியல் 175
எதிர்துகள் 179
எதிர்த்துடிப்பு மின்னோடி 175
அமைப்பும் இயங்கு முறையும் 175
ஓடும் இருப்பு 177
குறை மறிப்பு இருப்பு 176
செயல் விளக்கம் 176
மிகை மறிப்பு இருப்பு 176
எதிர்திருப்புமை வலிவூட்டி 19
எதிர்ப்பருப்பொருள் 178
எதிர்துகள் 179
எதிர்ப்பருப்பொருளின் கட்டமைப்பு 179
டிராக்கொள்கை 178
துகள் எதிர்த்துகள் அழிவு 179
துகளுக்கும் எதிர்த்துகளுக்குமிடையே உள்ள பிற வேறுபாடு 179
எதிர்ப்பாற்றலை வளர்க்கும் முறை 664
எதிர்ப்பு, காந்த 179
காந்த எதிர்ப்பு முன்னோடி 180
தொடர் காந்த எதிர்ப்பு 180
பக்கக் காந்த எதிர்ப்பு 180
எதிர்ப்புத்திறன் வகை 181
தப்பிப்பவை 181
தாங்கும் திறன் பெற்றவை 181
மிகுவுணர்வுள்ளவை 181
விலக்குப்பெற்றவை 181
எதிர்ப்பொருள் (கால்நடை) 182
இரண்டாம் வகை எதிர்ப்பாற்றல் 182
இயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் 182
செயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் 183
இன எதிர்ப்பாற்றல் 183
தனிப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் 183
முதன்மை எதிர்ப்பாற்றல் 182
வீரியமற்ற எதிர்ப்பாற்றல் 183
எதிர்ப்பொருள் (மருத்துவம்) 183
எதிர்மின் ஒளிர்வு 785
எதிர்மின் கதிர் 184
சிறப்பியல்பு 185
பயன் 186
எதிர்முழக்கம் 187
எதிர்முழக்க நேரம் 187
சிதைவு வீதம் 187
மோதலிடைத் தொலைவு 187
எதிர்முனைத் தன்னொளிர்வு 710
எதிர்மைத் தடைக்கருவி 188
ஒருமுனைத் திரி தடையம் 190
எதிர் வடிவம் 190
எதிர்வாழ்வு 191
சுரண்டு முறை எதிர்வாழ்வு 191
அக-புற ஒட்டுண்ணி 192
ஒட்டுண்ணித்துவம் 191
கொன்றுண்ணல் 192
நிலையில்லாத வகை ஒட்டுண்ணி 191
போட்டி முறை எதிர் வாழ்வு 192
மீவொட்டுண்ணி வகை 192
சுரப்புமுறை எதிர் வாழ்வு 191
எதிர்விகித இருமடி விதி 192
எதிர்வினைச் சுழலி 194
எளிய எதிர் வினைச்சுழலி 194
நீரியச் சுழலி ஆற்றல் 194
எதிர்வினைப்பி (மின்) 196
தடம் மாற்றி எதிர் வினைப்பி 197
தொடர் எதிர் வினைப்பி 196
எதிர்வினைப்பிகளைப் பயன்படுத்தும் முறை 582
எதிர்வெப்பநிலை 197
எதிரொலி 198, 624
எதிரொலி 624
எதிரொலிமுறை ஆழங்காணல் 199
எதிரொலி ஆழமானி 199
திமிங்கிலங்களை அறிதல் 202
விலங்கு இருப்பிடங்களை அறிதல் 201
எதிரொளிப்பு அளவி 202

நுண்ணலை எதிர்ப்பளவி 203
எதிரொளிப்பு அளவி, நுண்ணலை 203
எதிரொளிப்பு, செலுத்துகைக்கெழு 203
எதிரொளிப்பு பரவல் குணகம் 204
அலைவழி நடத்தி 205
ஒலியியல் 206
ஒளியியல் 205
மின் கடத்துங் கம்பிப்பாதைகளும், வரையமைப்பும் 205
எந்திர அதிர்வு 206
அதிர்வு அளக்கும் கருவி 208
அலைவெண் அளவிடும் கருவி 209
வீச்சு அளவிடும் கருவி 208
வேகம், வேகப் பெருக்கத்தை அளவிடும் கருவி 209
அதிர்வு ஏற்பி 208
அதிர்வு ஒடுக்கி 208
உலோக அதிர்வு ஒடுக்கி 208
கரிம அதிர்வு ஒடுக்கி 208
அலைவெண் 208
காலக்கூறு 208
கால நிகழ்வு 208
சுழற்சி 208
வகை-206
எந்திர அமைப்பு 209
எந்திர இயக்கம், தொழிலக 210
உருளை வடிவிற்கான எந்திரங்கள் 211
ஒருமுனை வெட்டுக்கருவி 212
செய்பொருள் வெட்டுக்கருவி 210
தட்டை வடிவிற்கான எந்திரங்கள் 212
பலமுனை வெட்டுக்கருவி 212
வெட்டி நீக்குதற்கான எந்திரங்கள் 212
வெட்டுக்கருவி 210
வெட்டு நீர்மம் 212
வெட்டு வேகமும் வெட்டளவும் 212
எந்திர உறுப்பு 213
எந்திர ஒப்பளவி 589
எந்திர ஒளியியல் ஒப்பளவி 589
எந்திரக் கருவி 114
ஒருமுனைக் கருவி 214
பலமுனைக் கருவி 214
வெட்டும் கருவி 214
எந்திரக் கலப்பை 215
தட்டுக்கலப்பையில் மேற்கொள்ளப்படும் நுட்பம் 216
தொழில் நுட்பம் 215
எந்திரச் சாவி 216
எந்திரச் சுருள்வில் 218
எழுவில்லின் சிறப்பியல்பு 219
தகட்டுச் சுருள்வில்லின் சிறப்பியல்பு 219
நீளமான அல்லது அமுக்கப்பட்ட அமைப்பு 219
பயன் 218
பயன்படும் உலோகம் 221
வகை 218
சிறப்புச் சுருள்வில் 220
சுருள் வடிவச் சுருள்வில் 220
சுழல் வகைச் சுருள்வில் 219
நெகிழ்நிலைச் சுருள்வில் 219
எந்திரச் சுருள்வில்லின் நீளமான அல்லது அமுக்கப்பட்ட அமைப்பு 219
எந்திரத் தொகுதி 225
எந்திரப் பலன் 226
எந்திரப் பிணைப்பு 226
எந்திரப் பொறியியல் 231
அடிப்படைப் பிரிவு 231
ஆற்றல் 231
உற்பத்தி 232
எந்திரம் 232
எந்திரம், அச்சடிக்கும் 232
உலர் மறுதோன்றி முறை 236
உலர் மறுதோன்றி வரைமுறை 236
ஒளிப்பசை அச்சடிப்பு முறை எந்திரங்கள் 236
தட்டுவகை அச்சு எந்திரங்கள் 236
தனி எழுத்து அச்சு எந்திரம் 236
தனித்தாள் ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை 233
தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை 234
மறுதோன்றிக் கல்லச்சு முறை எந்திரங்கள் 233
மறுதோன்றி முறை நகல் எடுப்பிகளும் படிவம் அச்சடிக்கும் எந்திரங்களும் 234
எந்திரம், அறுவடை 237
எந்திரம், பால்பண்ணை 239
கட்டமைப்பும், வடிவமைப்பும் 239
செயல்முறை 240
தூய்மைப்படுத்தும் கருவி 241
பால்கறக்கும் எந்திரம் 240
பாலைக் குளிர்விக்கும் எந்திரம் 240
வகை 240
எந்திரம், விதைக்கும் 241
இரட்டைச்சட்டிக் கொழு 243
இறக்கைக்கொழு 242
ஒற்றைச்சட்டிக்கொழு 242
கொத்துக் கொழு 242
சால்கொழு 242
நாற்று நடும் கருவி 247
புழக்கத்தில் உள்ள விதைப்புக்கருவி 243
ஏழுவரிசை உழுவுந்து விதைப்புக் கருவி 245
ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி 243

காற்றழுத்த விதைப்புக்கருவி 247
திருத்திய ஜோதி விதைக்கும் கருவி அல்லது கோவை விதைக்கும் கருவி 245
மாடிழுக்கும் உமிழ்குப்பி விதைக்கருவி 244
விதைக்கும் கருவியின் பணி 242
விதைக்கும் முறை 241
விதைப்பெட்டி 242
விதையிடும் அமைப்பு 242
இருபக்கச் சக்கர அமைப்பு 242
வரி உருளை அமைப்பு 242
எந்திரம், வேளாண்மைப் பதப்படுத்தும் 247
கூலம் தானியங்கள் தரம் பிரிக்கும் எந்திரம் 248
கூலம் தானியங்கள் தூற்றும் எந்திரம் 248
சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் எந்திரம் 251
தக்காளி விதை எடுக்கும் எந்திரம் 251
நிலக்கடலைத் தோல் உரிக்கும் எந்திரம் 250
நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம் 250
நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம் 247
பருத்தி விதைப்பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம் 253
மக்காச்சோளம் கதிர் அடிக்கும் எந்திரம் 249
ஒலி உட்கவர்பு 627
பாய்மங்களின் உட்கவர்பினை அளத்தல் 628
எந்திர முறை 628
எந்திரமுறைப்பிரிப்பு 253
எந்திரத் திருகுமரை 221
அறுகோணத் திருகுமரை 222
இறகுத் திருகுமரை 224
உருளை வடிவத் திருகுமரை 224
சதுர வடிவத் திருமகுரை 223
தட்டை விளிம்புத் திருகுமரை 223
பூட்டமைவு 224
மூடிகொண்ட திருகுமரை 223
வளைமூடித் திருகுமரை 224
வளைய வடிவத் திருகுமரை 224
எந்திர வகைப்பாடு 255
ஈர வகைப்படுத்தும் எந்திரம் 256
காற்று வகைப்படுத்தும் எந்திரம் 256
எந்திர வடிவமைப்பு 257
எந்திரவியல் கதிர் வீச்சு ஒலி மறுப்பு 648
எந்திரவியல் மறிப்பு 257
எப்சிலான் துகள் 257
தோற்றம் 258
பண்பு 258
எப்சோமைட் 258
எப்பாக்சிஜனேற்றம் 258
எ..பிமெராப்டிரா 29
எப்பிடியோரைட் 259
எப்பிடோஸைட் 259
எப்பிடோட் 259
எப்பித்தீலியோமா 260
மருத்துவம் 260
எப்பிநெ..ப்ரின் 261
எபிஜீயாய்டி 275
எம்பயாப்டிரா 261
எமரி 263
எமெரிட்டா 263
எர்க் 264
எர்காட் 264
எர்காட் நச்சு 265
எர்ப்ஸ் இருகால் வாதம் 266
எர்பியம் 266
எர்மின் 267
எரிகலப்பி 269
அமைப்பு 270
எரிகலப்பியின் இணை இயக்கம் 271
குறு வழி 271
குறுவழிக்கதவு 271
குறைபாடு 272
சிறந்த பங்கீட்டிற்கான வழிமுறை 272
பணி 270
மிதவைக்கலம் 270
வகை 272
வெளிக்கட்டுப்படுத்தி 271
எரிகேசி 272
அல்லி வட்டம் 274
கனி 274
கால்தீரியா 275
சூலகம் 274
புல்லி வட்டம் 274
பொருளாதாரச் சிறப்பு 275
மகரந்தச்சேர்க்கை 274
மஞ்சரி 274
மலர் 274
ரோடோடெண்ட்ரான் 275
வகைப்பாடு 275
எபிஜீயாய்டி 275
எரிகாய்டி 275
ரோடோடெண்ராய்டி 275
வளரியல்பு 272
வாக்கியாய்டி 275
எரிசிபலஸ் நோய் (கால்நடை) 276
கடுமையான புரைகண்ட நிலை 276
தோல் தடிப்பு நிலை 276
நீடித்த நிலை 276
நோய்க்கட்டுப்பாடு 276
நோய்பரவுதல் 276

மருத்துவம் 276
மனிதர்களிடம் எரிசிபலஸ் நோய் 276
எரிடானஸ் விண்மீன்குழு 276
எரித்ரைட் 277
பரவல் 277
எரித்ரைட்டைல் டெட்ராநைட்ரேட் 278
எரித்ரோமைசின் 278
எரிதல் 279
திண்ம, நீர்மப்பொருள் 279
தொடர் எரிதல் 279
நிரலியல் 280
வளிமங்கள் 279
எரிபொருள் 452
எரிபொருள் அமைப்பு 283
எரிபொருள் எக்கி 283
எரிபொருள் தேக்கி 283
எரிபொருள் வடிகட்டி 283
எரிபொருள் உட்செலுத்துதல் 284
அழுத்த எரிபற்றுப் பொறியில் எரிபொருள் உட்செலுத்துதல் 284
காற்றின்றிச் செலுத்துதல் 284
காற்றுடன் செலுத்துதல் 284
நோக்கம் 284
எரிபொருள் எக்கி 287
அழுத்த எரிபற்றும் பொறியில் எக்கி 289
தனித்த ஏற்றுப்பொறி இயக்கம்-பாஷ் ஏற்றுப் பொறி 289
மின்பொறி எரிபற்றும் பொறி 287
எரிபொருள், புதை படிவு 289
உலை எண்ணெய் 291
டீசல் 291
புதைபடிவு எரிபொருள் 290
பெட்ரோல் 290
எரிபொருள் மின்கலம் 291
எரிபொருள் வளிமம் 292
இயற்கை வளிமம் 292
உலை வளிமம் 293
எண்ணெய் வளிமம் 293
எரி வளிமம் 293
கரியடுப்பு வளிமம் 293
கரி வளிமம் 292
சூளை வளிமம் 293
நீர்மமாக்கப்பட்ட வளிமம் 293
நீரக வளிமம் 293
எரிமலை 293
ஆவி வெளிப்படும் பிளவும், ஊற்றுக்கண்ணும் 297
எரிமலைக்குழம்பின் பாய்வு 295
எரிமலைச்சேற்றுப் பாய்வு 297
எரிமலைத்துளை 294
எரிமலைத்தூசி 297
எரிமலைப்பொருள் 294
திண்மப்பொருள் 294
நீர்மப்பொருள் 294
வெப்பத்தால் உடைக்கப்படும் பொருள் 296
எரிமலைக்கண்ணாடி 298
எரியும்பாதம் 299
எரிவிண்மீன் (விண்வீழ் கொள்ளி) 299
எரிவிண்மீன் மழை 300
கோள்களுக்கு இடையேயுள்ள பொருள் 301
விண்கற்கள் 300
எரிவேகம் மாற்றி 449
எரு 301
இயற்கை எரு 303
செயற்கை எரு 303
எருக்கு 303
அல்லிவட்டம் 303
இலை 303
கனி 304
பயன் 305
நச்சுத்தன்மை 305
மருத்துவப்பயன் 305
வெள்ளெருக்கு 305
பாலின உறுப்பு 303
புல்லிவட்டம் 303
மகரந்தச் சேர்க்கை 304
மஞ்சரி 303
மலர் 303
வளரியல்பு 303
விதை 304
எருத்துவாலன் (கொண்டைக்கரிச்சான்) 307
எருது 306
ஆண்மைநீக்கம் 303
இலாடம் அடித்தல் 306
தேர்வு செய்யும்முறை 307
பழக்கும் முறை 307
பாதுகாப்பு 307
யோக்கால் 307
எருமை 309
இறைச்சி 310
இனக்கணக்கீடு 312
இனம் 310
சுர்த்தி 312
முர்ரா 311
மேகசானா 312
ஜாபர்பாடி 311
எருமைத்திறன் 310
சினைப்பருவக்காலம் 309

தரத்தை உயர்த்தும்முறை 310
நிறம் 309
நோய் 310
பாலின் சத்து 310
வயது 309
எருமை இனப்பெருக்கம் 312
கன்று ஈனுதல் 313
பேணும் முறை 313
கருப்பையை வெளித்தள்ளினால் செய்ய வேண்டிய மருத்துவம் 313
முன் அறிகுறி 313
சினைத்தருணம் 312
நிலை அறிதல் 312
பருவ அறிகுறி 312
பேணும் முறை 313
தொடர்ந்து கருத்தரிக்க வேண்டிய வழிமுறை 312
எருமைநாக்கு மீன் 314
எருமைப்புல் 315
இலை 316
பயன் 316
மஞ்சரி 316
எருவிடுதல் 316
எல். எஸ். டி. 318
எல். டோப்பா 319
வேண்டா விளைவுகள் 319
எல்ம் 319
கனி 321
நோய் 322
புல்லிவட்டம் 321
பொருளாதாரச்சிறப்பு 321
மஞ்சரி 320
வகைப்பாடு 321
வளர்ப்பு முறை 321
வளரியல்பு 320
எல்லை 322
எல்ஹாஸ்பிட்டல் விதி 324
எலாப்ஸ் லேசரீட்டா 391
எலி 324
இந்தியப்புதர் எலி 326
பழுப்புநிற எலி 326
வீட்டு எலி 326
வெள்ளைவால் மர எலி 327
ஜெர்பில்லி 327
எலிக்கட்டுப்பாடு 328
கட்டுப்படுத்தும் முறை 329
எலிகளை விரட்டுதல் 320
எலிப்பொறி வைத்தல் 329
பானைப்பொறி வைத்தல் 329
மருந்து மூலம் கட்டுப்படுத்துதல் 329
உடன் கொல்லும் நச்சு 329
காலந்தாழ்த்திக்கொல்லும் நச்சு 329
நச்சுப்புகையால் கொல்லுதல் 330
வளைதோண்டி அழித்தல் 329
வாழ்க்கை முறை 328
எலும்பியல் 330
எலும்பாக்கம் 331
எலும்பிளக்கி நோய் (கால்நடை) 332
அறிகுறி 332
மருத்துவம் 332
எலும்பு 332
அமைப்பு 333
தன்மை 333
நலம் பேணல் 333
எலும்பு அழிவு 335
எலும்பழிவு நோய் 335
கிரஹாம் நோய் 335
பேஜட்நோய் 335
மருத்துவம் 335
எலும்பு உடையாத தலை, கழுத்துக்காயம் 335
கழுத்துக்காயங்கள் 336
மருத்துவம் 336
விளைவுகள் 336
எலும்புக்கூட்டு நோய் (கால்நடை) 636
ஆஸ்ட்டியோஆர்த்ரைட்டிஸ் 237
ஆஸ்ட்டியோஃபைபிரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோகோண்ட்ரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோடிஸ்ட்ரோஃபி 337
ஆஸ்ட்டியோபெட்ரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோபோரோசிஸ் 337
ஆஸ்ட்டியோமெய்லிட்டிஸ் 337
எக்ஸ்ட்டோசிஸ் 337
எலும்புகளில் கடும் அழற்சி 336
எலும்புப்புற்று நோய் 337
ரிக்கட்ஸ் 337
எலும்புக்கூடு 337
காலெலும்பு 339
கையெலும்பு 338
தலையெலும்பு 338
முதுகுத்தண்டு 337
எலும்புக்கூழ்ப்பகுதி 339
கரிமப்பொருள் 339
கனிம உப்பு 340
சிமெண்ட் 340
லாக்குனார்பெட்டகம் 340
எலும்புத்திசு 340
எலும்புத்தோலி 342
அனாஸ்பிடா 343

சீலோலெபிடா 343
செஃபலாஸ்பிடா 342
சைக்ளோஸ்டோமேட்டா 344
பீராப்பிடா 343
எலும்பு மண்டலம் 344
பயன் 345
எலும்பு மஜ்ஜை 345
சிவப்பு மஜ்ஜை 345
மஞ்சள் மஜ்ஜை 345
எலும்புமீன் 345
துணைவகை1 346
துணைவகை2 346
மின்னூட்டம் 349
எலுமிச்சை 346
கனி 347
சூலகம் 347
தகித்தி எலுமிச்சை 347
நோய் 348
பயிரிடும் முறை 348
பெரிய எலுமிச்சை 348
மலர் 347
வளரியல்பு 346
எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெய் 139
எலெக்ட்ரான் 348
எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி 349
எலெக்ட்ரானும் பருப்பொருளும் 349
காந்தச்சுழற்சி விளைவு 350
பாசிட்ரான் 349
எலெக்ட்ரான் அமைப்பு 350
அடிப்படைக் குவாண்டம் எண் 350
இடைநிலைத் தனிமம் 353
உள் இடைநிலைத் தனிமம் 353
காந்தக் குவாண்டம் எண் 350
சுழற்சிக்கு வாண்டம் எண் 350
துணைக் குவாண்டம் எண் 350
மாதிரித் தனிமம் 353
வளிமத் தனிமம் 353
எலெக்ட்ரான் அயனிக் கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி 353
அயனிகனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி 355
அணுத்தெறிப்பு 355
இரண்டாம் கட்ட எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் 355
ஒளிர்வு நிகழ்வு 356
படிக்கட்டமைப்பு விளைவு 356
பிரதிபலித்த அயனி 355
கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சி 353
எலெக்ட்ரான் தூண்டிய அணு வெளியேற்றம் 354
ஒளிர்வு நிகழ்வு 354
பிரதிபலித்த எலெக்ட்ரான் 354
விளைவு எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் 353
பயன் 356
எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவு 356
பயன் 358
எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்கமுடுக்கி 563
எலெக்ட்ரான் கடத்தல் 359
எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் 360
அளவீடு 360
சாண்டர்சன் 361
பாலிங் 360
முல்லிக்கன் 361
பயன் 362
எலெக்ட்ரான் கவர், கருகவர் வினைப்பொருள் 362
எலெக்ட்ரான் கவர்வினை 364
எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒளிர்தல் 683
எலெக்ட்ரான் காந்தத்திருப்புமை 366
எலெக்ட்ரான் குழாய் 367
டிரையோடு 368
டெட்ரோடு 369
டையோடு 367
பென்டோடு 370
எலெக்ட்ரான் தற்சுழற்சி 370
அணுக்கற்றை அளவீடு 372
ஆற்றல்மட்டம் பிரிதல் 372
எலெக்ட்ரான் காந்தத்திருப்புதிறன் 371
எலெக்ட்ரான் நாட்டம் 374
எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு 375
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி 137
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி 379
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வகை 381
ஒளியியல் நுண்ணோக்கி 378
எலெக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் இணைத்துகள் விளைச்சல் 382
எலெக்ட்ரான் பிடிப்பு 383
எலெக்ட்ரான் வில்லை 384
எலெக்ட்ரான் விளிம்பு வளைவு 385
கொள்கை 387
தாழ்ந்த எலெக்ட்ரான் விளிம்பு வளைவு 386
எலெக்ட்ரான் வோல்ட் 388
எலெக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி 349
எலெக்ட்ரானும் பருப்பொருளும் 349
எலேட்டரைட் 390
எலோப்பி∴பாம்ஸ் 390
எலாப்ஸ்லேசரீட்டா 391
பொதுப்பண்பு 390
மெகலாப்ஸ் அட்லாண்டிகஸ் 391
மெகலாப்ஸ் சைப்பினாயிட்ஸ் 391
எழில் தாவரம் 391

எழில் மலர்தரும் குறுஞ்செடி 392
காகிதப்பூ 393
தழையழகுத்தாவரம் 394
பாரிஜாதம் 393
மயில் கொன்றை 393
மருதாணி 393
மல்லிகை 392
மலர்க்கொடி 393
மலர்தரும் சிறுசெடி 393
மனோரஞ்சிதம் 392
மலர்மரம் 391
அசோகமரம் 392
கப்பல்அலரி 392
சரக்கொன்றை 391
பூமருது 392
பெருமயில்கொன்றை 392
மந்தாரை 392
எழுசுருள் காந்தவியல் 394
எழுசுருள்மை 395
எழுத்துப் பெயர்ப்பு 639
எழுவில்லின் சிறப்பியல்பு 219
எளிய அக்கி 401
எறிபொருள் துகள் பறக்கும் காலம் 403
எளிய எதிர்விசைச்சுழலி 194
எளிதில் உருகி 399
எறிந்துவிடக்கூடிய ஒற்றி 820
எறிபொருள் 401
எறிபொருள் அடையும் மீப்பெரு உயரம் 403
சாய்தளத்தின்மேல் எறிபொருளின் இயக்கம் 403
பறக்கும் காலம் 403
மீப்பெரு உயரத்தை அடைவதற்கான காலம் 403
மீப்பெரு கிடை அச்சு எல்லை 403
வீச்சு எல்லை 403
எறிபொருள் பாதை 404
எறிமுறை பொறித்தல் 404
எறும்பு 404
அழிவுதரும் எறும்பு 408
இருப்பிடம் 405
இனப்பெருக்கப்பறத்தல் 406
எறும்புகளின் நடத்தை 407
சமுதாய வாழ்க்கை 405
சில குறிப்பிடத்தக்க எறும்பு வகை 408
புதிய குடியிருப்பு உருவாக்கப்படுதல் 406
புற அமைப்பு 404
எறும்புண்ணி 409
இருவிரல் எறும்புத்தின்னி 411
டாமண்டுவா எறும்புண்ணி 410
எறும்புத்தாவரம் 411
என்கே வால் விண்மீன் 413
என்கே ஜான் ஃபிரான்சிஸ் 413
என்டிரோமார்ஃபா 413
பாலிலா இனப்பெருக்கம் 414
பாலினப் பெருக்கம் 415
வாழ்க்கைச்சுற்று 415
என். பி. என். ஒளி டிரான்சிஸ்டர் 750
என்ஸ்டடைட் 415
பயன் 416
எனார்க்கைட் 416
எஸ். யூ. என் சமச்சீர்மை 834
எஸ்கர் 417
எஸ்ட்டராக்கம் 417
இயங்குமுறை 418
எஸ் யூ (3) உயர்நிலைச் சமசீர்மை 419, 834
எஷ்செரிச்சியகோலை 416
மருத்துவம் 416
ஏக்கம் 421
ஏடன் வளைகுடா 421
ஏடி கூட்டியம் 422
ஏணி 422
சுவர் ஏணி 423
ஏப்பையார்னித்திடியா 423
ஏபெல், நெய்ல்ஸ் ஹென்ரிக் 424
ஏரி 425
ஏலம் 427
கனி 430
கீழ் மட்டச் சூலகம் 430
சாகுபடி 430
குடகு முறை 430
மைசூர் முறை 430
வட கர்நாடக முறை 430
சாகுபடிக் குறிப்பு 430
சூல் தண்டு 430
சூலகம் 430
பதனிடுதல் 430
பயன் 430
நோய் 430
மகரந்தத் தாள் 430
மஞ்சரி 429
மலர் 429
வகைப்பாடு 427
வளரியல்பு 429
விதை 430
விளைச்சல் 430
ஏவுகணை 431
ஏவுகணைப் பகுதி 432
ஏவுகணைச் செயல்பாடு 434

கட்டுப்பாடு நெறிப்பாடு அமைப்பு 434
குறியறி கருவி 432
ஏவூர்திப் பொறி 434
வகை 431
இடைத்தரத் தொலைவு ஏவுகணை 431
இடைவெட்டு ஏவுகணை 441
காற்றிடம் விட்டுக் காற்றில் பாயும் ஏவுகணை 440
காற்றிலிருந்து நிலம் பாயும் ஏவுகணை 440
குறுகிய தொலைவு ஏவுகணை 431
தளம் விட்டுக் காற்றில் பாயும் ஏவுகணை 437
தளம் விட்டுத் தளம் பாயும் ஏவுகணை 434
நிலம் விட்டு நீரடி பாயும் ஏவுகணை 441
நீண்ட தொலைவு ஏவுகணை 431
நீரடியிலிருந்து நீருக்குள்ளேயே பாயும் ஏவுகணை 441
நீரடி விட்டு நிலம் பாயும் ஏவுகணை 441
பீரங்கி எதிர் ஏவுகணை 441
வரலாறு 431
முதல் ஏவுகணை 431
ஏவூர்தி 441
ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் 443
ஆக்சிஜனேற்றி 449, 452
இணக்கி 449
இரட்டைப் பசை எரிபொருள் 446
இரு நீர்ம உந்து எரிபொருள் 452
ஈரியல் இரட்டைப் பசை எரிபொருள் 450
ஈரியல் உந்து எரிபொருள் 447
உடன் தீப்பற்றாக் கலவை 454
உடன் தீப்பற்றும் கலவை 452
உந்து எரிபொருள்களின் வளர்ச்சி 443
உருண்டை முறை 447
உலோக எரிபொருள் 449
எரிபொருள் 452
எரி வேகம் மாற்றி 449
ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு 446, 451
ஒரு நீர்ம உந்து எரி பொருள் 452
ஒற்றைப் பசை எரிபொருள் 446
ஓரியல் உந்து எரிபொருள் 446
ஓரியல் நீர்ம எரிபொருள் 452
கலப்பு நிலை உந்து எரிபொருள் 455
குறுக்கு இணைப்புப் பொருள் 449
கூட்டு நீர்ம எரிபொருள் 452
சேமிக்கத் தகும் நீர்ம எரிபொருள் 452
திண்ம எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை
திண்ம நிலை உந்து எரிபொருள் 443
திண்ம-நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் ஒப்பீடு 454
நிகழ்ச்சி உதவி 449
நிலைப்பான் 450
நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை 452
நீர்ம நிலை உந்துஎரிபொருள் 451
பகுதி மிகு குளிர் பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
பல்லுறுப்புப் பசைக் கோவை 448
மிகு குளிர் பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
முப்பசை 447
வார்ப்பு முறை 447
வார்ப்பு முறை எரிபொருள் தயாரிப்பு 447
வினையூக்கி 449
வெப்பத்தால் இளகுவன 449
வெப்பத்தால் இறுகுவன 449
ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு 443, 451
ஏவூர்திக் கட்டம் 455
ஏவூர்திப் பொறி 457
ஏவூர்திப் பொறி வகை 462
நீர்ம உந்து எரிபொருளால் குளிர்வித்தல் 461
குளிர்விக்கப் படாக்கலன் 462
நிலை ஆய்வு 462
மென் படலக் குளிர்விப்பு 461
வியர்வைக் குளிர்விப்பு 461
பொறியின் பகுதி 457
கனற்சி அறை 457
கூம்புக் குழல் 458
செருகு கூம்புக் குழல் 459
டி-லேவல் கூம்புக் குழல் 459
தள்ளுவிசைத் திசைக் கட்டுப்பாடு 460
மணி வடிவக் கூம்புக் குழல் 459
மாறுவிசை ஏவூர்திப் பொறி 460
வெப்பப் பரிமாற்றம் 461
ஏவூர்தி, வானியல் 464
இந்தியாவில் ஏவூர்தி வானியல் 467
சூரிய ஆய்வு 465
புவியியல் ஆய்வு 466
ஏழிலைப்பாலை 467
அல்லி வட்டம் 469
கனி 469
சூலகம் 469
புல்லி வட்டம் 469
பொருளாதாரச் சிறப்பு 469
மகரந்தத் தாள் 469
மஞ்சரி 469
வளரியல்பு 467
ஏழுவரிசை உழுவுந்து விதைப்புக் கருவி 245
ஏற்பணு 469
ஏற்பு 470
ஏற்பு, காந்த 470
ஃபெர்ரோ காந்த ஏற்பு 471
இணை காந்த ஏற்பு 471
எதிர்க் காந்த ஏற்பு 471
ஏற்பு, மின் 471
ஏற்ற-இறக்கங் காட்டி 472

ஏறும் உயரங்காட்டி 473
ஏஜிரின் 474
கிடைக்குமிடம் 475
படிவு 474
வகை 474
ஐ-ஐ 477
ஐக்ய-செகி வால் விண்மீன் 479
ஐகன் மதிப்பு (கணிதம்) 479
ஐகன் மதிப்பு (குவாண்டம் விசையியல்) 479
ஐகன் சார்பு, ஐகன் மதிப்பு 480
ஹேமில்டோனியன் செயலியின் முக்கியத்துவம் 480
ஐங்கோணம் 481
ஐசிங் படிவம் 481
கூட்டுறவு நிகழ்வு 482
தன்னிச்சையான மாசு 484
படிவத்தின் வரையறை 482
வெப்ப இயக்கவியல் பண்பு 483
ஐசோகுயினோலின் 485
இயற்பியல் பண்பு 485
ஐசோகுயினலின் அல்கலாய்டு 485
ஐசோகுயினலின் தொகுப்பு 485
பிக்டேட்-காம்ஸ் திருத்திய முறை 486
பிஷ்லர்-நேபிரால்ஸ்கி தொகுப்பு 486
பொமரான்ஸ்-பிரிட்ஸ் தொகுப்பு 486
ஐசோகுயினலின் தொகுப்பு 485
பிக்டேட்-காம்ஸ் திருத்திய முறை 486
பிஷ்லர்-நேபிரால்ஸ்கி தொகுப்பு 486
பொமரான்ஸ்-பிரிட்ஸ் தொகுப்பு 486
ஐசோசியேசி 514
அல்லி வட்டம் 515
உள்ளமைப்பு 514
கனி 515
சூலகம் 515
தென்னிந்திய இனம் 516
புல்லி வட்டம் 515
மகரந்தத் தாள் வட்டம் 515
மஞ்சரி 514
மலர் 514
மீ. எடுலிஸ் 516
மொல்லுகோ வெர்டிசிலேடா 515
வகைப்பாடு 516
விதை 516
ஐசோடோப் 486
கதிரியக்க ஐசோடோப் 488
தடங்காட்டி 488
பயன் 489
ஐசோடோப் தனிப்படுத்தல் 489
தனிப்படுத்தல் 489
காய்ச்சி வடித்தல் 492
துளைக் கூம்புச் செயல் முறை
பகுப்பில் பயன்படும் பண்பு 489
மின்காந்தத் தனிப்படுத்தல் 490
மின் பகுப்பு முறை 492
மைய விலக்கு முறை 49ı
லேசர் ஒளி வேதியியல் முறை 493
வளிம ஊடுருவல் முறை 490
வெப்ப ஊடுருவல் முறை 490
வேதிப் பரிமாற்ற முறை 491
ஐசோடோப் பெயர்ச்சி 493
ஐசோடோப் விளைவு 494
ஐசோ தற்சுழற்சி 598
ஐசோப்ரின் 496
ஐசோ பெரினாய்டு 497
அமைப்பு 497
அமைப்பை அறிதல் 500
இயற்கையில் கிடைப்பு 499
சிறப்பு 499
செஸ்க்விடெர்ப்பீன் 502
ட்ரைடெர்ப்பீன் 502
டெட்ராடெர்ப்பீன் 503
டைடெர்ப்பீன் 502
தூய்மையாக்கல் 500
பகுப்பாய்வு 500
பாலி டெர்ப்பீன் 503
பிரித்தெடுத்தலும், கண்டறிதலும் 499
மோனோ டெர்ப்பீன் 500
வகைப்பாடு 498
ஐடிங்சைட் 504
ஐடோகிரேஸ் 504
ஐந்து காயப்பூ 505
அல்லி வட்டம் 506
உட்கூட்டுப்பொருள் 508
கனி 506
சூலகம் 506
பயன் 508
பயிரிடும் முறை 507
மகரந்தத்தாள் 506
மஞ்சரி 506
மலர் 506
வளரியல்பு 506
விளைச்சல் 508
ஐயாந்தினைட் 509
ஐரிஷ்கடல் 509
ஐரோப்பிய கால ஓடு 858
ஐன்ஸ்டைன், ஆல்பர்ட் 510
ஐன்ஸ்டைனியம் 513
ஐனோசெராமஸ் 513

ஒக்காட்ஸ் கடல் 517
ஒட்டகம் 518
ஒட்டியல்பு 520
ஒட்டுண்ணித் தாவரம் 522
ஒட்டுண்ணித்துவம் 522, 191
தன்னிச்சையாக வாழும் ஒட்டுண்ணி 522
பகுதி ஒட்டுண்ணி 522
முழுமையான ஒட்டுண்ணி 522
ஒட்டுண்ணியப் பால்மாற்றம் 524
ஓட்டும் தன்மை கொண்டிருத்தல் 591
ஒட்டுமீன் 525
ஒட்டுமுனையும் ஒட்டுக்கட்டையும் 527
குறிப்பிடத்தக்க ஒட்டுமுறை 528
ஒட்டுவாழ் தாவரத்தின் செயலியல் பண்பு 529
ஒட்டு வாழ் தாவரம் 528
குறை ஒட்டு வாழ் தாவரம் 529
செயலியல் பண்பு 529
தொட்டி ஒட்டுவாழ் தாவரம் 529
முன் ஒட்டு வாழ்தாவரம் 529
ஒட்டு வீரியம் 529
செயலியல் காரணி 530
சைட்டோப்பிளாச உட்கருக்கோட்பாடு 530
பெருமுதலீட்டு ஒட்டு வீரியக் கோட்பாடு 530
மரபியல் காரணி 530
மிகு ஒங்குதன்மைக் கோட்பாடு 530
ஒட்டுறவு 531
இருமாறிகளிடையே உள்ள ஒட்டுறவைக் காணும் சில முக்கியமுறை 534
ஒட்டுறவுக்கெழு 534
ஒட்டுறவுக்கெழுவின் பயன் 534
ஒட்டுறவு விகிதம் 535
தர ஒட்டுறவு 534
நிர்ணயக்கெழு 535
ஒட்டுறவின் அளவைகளும் மிகைத்தன்மை ஆய்வுகளும் 530
ஒட்டைச் சிவிங்கி 535
ஒடி நட்சத்திரமீன் 539
ஒடுக்கப்பட்ட அதிர்வு 206
ஒடுக்கப்பட்ட அலைவு 545
ஒடுக்கல் (இயற்பியல்) 541
ஒடுக்கல் (மின் பொறியியல்) 542
அதிர்வுகளின் ஒடுக்கம் 543
அலைவுகளின் ஒடுக்கம் 545
அளவுகருவி 547
இயற்கை ஒடுக்கம் 544
உராய்வு ஒடுக்கம் 544
ஒடுக்கப்பட்ட அலைவு 545
காந்த ஒடுக்கம் 544
தயக்க விளைவு ஒடுக்கம் 546
பரப்பப்பட்ட அமைப்பு 546
பாகுத்தன்மை ஒடுக்கல் 543
மிகை ஒடுக்கம் மாறுநிலை ஒடுக்கம் 546
மின்பாதைக் கம்பிகளில் அதிர்வு ஒடுக்கம் 545
ஸ்டாக்பிரிட்ஜ் ஒடுக்கல் கருவி 545
ஒண்முகிற் படலம் 547
ஆய்வு 549
பொதுவியல்பு 548
வகை 548
ஒத்த உருவம் 551
ஒத்த ஒளிமுறிவின்மை 553
மருத்துவம் 553
ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க கிறமாலையியல் 555
ஒற்றை அணுத்துலக்கம் 556
பயன் 557
ஒத்ததிர்வு (மாற்று மின் சுற்று) 554
ஒத்திசைவு 558
ஒத்திசைவில் ஏற்படும் மாற்றம் 558
மாறுமின் ஒட்ட மின் சுற்றுகளில் ஒத்திசைவு 558
பயன் 558
ஒத்திசைவு (ஒலியியல், எந்திரவியல்) 558
ஒத்திசைவுமுடுக்கிக்கதிர் வீச்சு 559
ஒத்திணக்கங்காட்டி 560
ஒத்திணக்க முட்டு முடுக்கி 560
ஒத்திணக்க முடுக்கி (மாறுகாந்தப்புல) 562
எலெக்ட்ரான் ஒத்திணக்க முடுக்கி 563
பயன் 566
புரோட்டான் ஒத்திணக்க முடுக்கி 564
ஒத்திணக்க முடுக்கி (மாறுபடு மாறுமின்புல) 566
மாறுபாடு மாறுமின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி 567
ஒத்தியக்கம் 569
ஒத்தியங்கி 570
அமைப்பு 570
இயங்கும் கோட்பாடு 571
இரண்டு ஒட்ட அமைப்பு 571
தனிப்பட்ட மின்னாக்கி 572
மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி 574
ஒத்தியங்கி மடங்கி நிகழ்த்தல் 574
ஒத்தியங்கு அளவி 576
ஒத்தியங்கு கொண்மி 577
ஒத்தியங்கு திசை மாற்றி 579
அலை வடிவைக் கட்டுப்படுத்தி மின்னழுத்தத்தைச் சீரமைத்தல் 502
எதிர்வினைப்பிகளைப் பயன்படுத்தும் முறை 582
ஒத்தியங்கு மின்னுயர்த்தி முறை 581
கட்டமைப்பு 580

கார்தப் பாயத்தின் அலை வடிவை மாற்றும் முறை 582
ஒரு காந்த முனையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்து அமைத்தல் 582
துணைக் காந்த முனைகளைப் பயன்படுத்துதல் 582
துணை மின்னோடியைக் கொண்டு தொடங்குதல் 583
தூண்டு மின்னோடி போலத் தொடங்குதல் 583
தொடங்கும் முறை 583
செயல்படும் முறை 580
தூண்டல் வகை மின்னத்தச் சீரமைப்பான் முறை 581
மடை மாற்றிகளைக் கொண்ட மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தும் முறை 582
மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் முறை 581
ஒதியமரம் 583
அல்லி 584
சிறப்புப்பண்பு 584
சூல் தண்டு 584
புல்லி 584
மகரந்தக்கம்பி 584
மகரந்தப்பை 584
மஞ்சரி 584
ஒப்படர்த்தி 585
அடர்த்தி 585
ஹேர்கருவி 586
ஒப்பளவி 587
அடிப்படை உறுப்பு 589
அளவுகாட்டி 589
ஒப்பளவியைப் பயன்படுத்தும் முறை 589
தளம் 589
புலம் 589
மிகைப்பி 589
வகை 589
எந்திர ஒப்பளவி 589
எந்திர ஒளியியல் ஒப்பளவி 589
மின்னியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை 589
மின்னியல்/மின்னனுவியல் ஒப்பளவி 589
வளிம ஒப்பளவி 590
ஒப்பனைப் பொருள்களின் தன்மை 591
அடித்தல், தேய்த்தல், மோதுதல் போன்ற செயல்களுக்கு ஏற்றதாக இருத்தல் 592
ஒட்டும் தன்மை கொண்டிருத்தல் 591
ஒப்பனையில் கவனிக்க வேண்டியவை 592
ஒப்பனையில் தேவைப்படும் பொருள் 592
ஒப்பனைப் பொருள்களைத் தோல்களில் மெழுகும் முறை 592
சூட்டிலும் குளிரிலும் மாறா நிலை 592
சூரிய ஒளிக்காப்பு, நீர்க்காப்பு, தேய்வுக்காப்பு 592
தோல்களை நிரப்பும் தன்மை கொண்டிருத்தல் 592
நடைமுறையில் தோல்களை ஒப்பனை செய்தல் 592
புர்தப் பொருள்களைக் கொண்டு பளபளப்பூட்டும் தோல் ஒப்பனை 592
ரெசின் கொண்டு தோல்களை ஒப்பனை செய்தல் 593
வளையும் தன்மை பெற்றிருத்தல் 592
ஒப்பிணைமை 593
இயல்பு ஒப்பிணைமை 595
ஒப்பிணைமை மாறாமை 593
ஒப்பிணைமையின் மாறாமை மீறல் 595
சுழற்சியின் ஒப்பிணைமை 594
தற்சுழற்சி, உந்தம் உறவு 595
ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி 596
இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி 596
டனல் இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்சுற்றுவழி 596
ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு 648
ஒப்புமைச் சுழற்சி 767
ஒப்புமைக்கணிப்பொறி 600
ஒப்புநிலை 598
ஐசோ தற்சுழற்சி 598
சம எண்ணிக்கையில் புரோட்டானும் நியூட்ரானும் உடைய அணுக்கரு 599
நியூட்ரான் கூடுதலான அணுக்கரு 599
ஒப்புமையாக்கி 600
தாங்கு விசை ஒப்புமையாக்கம் 601
தாங்கி 601
ஒப்பு வடிவுடைமை 601
ஒப்போசம் 602
நான்கு ஒப்போசம் 603
நீர்வாழ் ஒப்போசம் 603
மோனேடெல்ஃபிஸ் டொமெஸ்ட்டிக்கா 604
வெர்ஜினியா ஒப்போசம் 602
ஒருமூலக்கூறுவினை 615
மூலக்கூறு எண் 615
ஒரு காந்த முனையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்து அமைத்தல் 582
ஒரு கூறுபுகவிடும் சவ்வு 604
ஒருங்கிணைந்த களைப் பராமரிப்பு 605
ஒருங்கிணைந்த களைத்தடுப்பு 605
களை முளைக்கும் முன் இடும் களைக்கொல்லி 606
சேற்று விதைப்பு 606
தமிழ்நாட்டின் முக்கிய களை 605
பருவம் 605
புழுதி விதைப்பு 606
வகை 605
ஒருங்கிணைந்த பூச்சி மேலாண்மை 607
இயற்கை அல்லது செயற்கை ஆற்றலால் கட்டுப்படுத்துதல் 508

உயிரியல் கட்டுப்பாடு 608
உழவியல் முறை 607
சட்டங்களின் மூலம் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தல் 608
பயிரிடல் 607
புழுநீக்கம் செய்தல் 608
பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளால் கட்டுப்படுத்தல் 608
ஒருங்கியைவு 609
ஒருங்குண்ணித்துவம் 609
ஒரு திசை பலதிசை ஒலிவாங்கிகள் 662
ஒரு நீர்ம உந்து எரிபொருள் 452
ஒரு பக்க மடக்கை வரைபடம் 611
ஒரு பக்க மாறுபக்க மாற்று 612
ஆன்ட்டி மாற்றியம் 612
சின் மாற்றியம் 612
சிஸ் மாற்றியம் 612
டிரான்ஸ் மாற்றியம் 612
ஒரு பருவச்செடி 614
ஒருபால்நிலை 614
அயல் இனக்கலப்பு 614
ஆமணக்குக் குடும்பம் 615
கலப்பினமாதல் 614
குக்கர்பிட்டா 614
தன் இனக்கலப்பு 614
தென்னைக் குடும்பம் 615
பூசணிக்குடும்பத்தில் ஒருபால்நிலை 615
ஒருமுக ஒற்றைத்தலைவலி 828
ஒரு முனைக்கருவி 214
ஒரு முனைத்திரிதடையம் 190
ஒருமுனை வெட்டுக்கருவி 212
ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி 243
ஒருவழிப்பல் சக்கரத் தடையமைவு 617
ஒலி 617
அலை முகப்பு 622
அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றால் திசைவேகம் மாற்றமடைதல் 623
இணை ஒலி 622
ஊடகம் 622
எதிரொலி 624
ஒலிக்கதிர் 623
ஒலிச்செறிவு 626
ஒலிமெலிவு 625
ஒலியின் செலுத்தீடு 621
ஒலியை உணர்தல் 625
ஒலி வடிப்பான் 625
ஒலி விலகல் 625
குறுக்கீட்டு விளைவு 622
சிதறல் 625
சீரியல்பியக்கம் 618
செவி 625
டாப்ளர் விளைவு 622
தடையுறு இயக்கம் 619
திண்மங்களில் ஒலிபரவல் 624
திணிப்பு அதிர்வு 620
துகளின் திசைவேகமும் அலையின் திசை வேகமும் 621
தோற்றம் 618
நியூட்டன் - லாப்லாஸ் வாய்பாடு 623
நிலையலை 623
நிலையலைத்தகைவு 624
பயன் 626
ஒலிப்பதிவும் ஒலிமீட்பும் 626
கடல் ஆய்வு 627
புவியியல் ஆய்வு 627
பேச்சும் இசையும் 636
பிரிகை 625
பிற பண்பு 623
முன்னேறும் அலை 612
மூலம் 620
இழை 620
சவ்வு 621
தகடு 621
தண்டு 621
பிற ஒலி மூலம் 621
விம்மல் 622
ஒலி உட்கவர்பு 627
அடிப்படைக் காரணம் 627
பாகுத்தன்மை 627
விரவல் 628
வெப்பக்கடத்தல் 628
வெப்பக்கதிர் வீசல் 628
திண்மப் பொருள்களில் ஒலி உட்கவர்பு 629
நீர்மங்களில் இளைப்பாறல் முறை 629
நீர்மங்களுக்கு ஆய்வு மதிப்பு 628
பாய்மங்களின் உட்கவர்பினை அளத்தல் 628
எந்திரமுறை 638
ஒளியியல் முறை 628
மின் முறை 628
வெப்பமுறை 628
வளிமங்களில் மூலக்கூறுகளின் இளைப்பாறுதல் 628
வளிமங்களுக்கு ஆய்வு மதிப்பு 628
ஒலி ஒளியியல் 630
ஒலியை உண்டாக்கல் 631
பயன் 630
விளைவின் வகை 630
ஒலிக்குறுக்கீட்டு அளவி 651
ஒலிக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப்படவியல் 631
கூட்டுத்துறை முப்பரிமாணப்படவியல் 632
முப்பரிமாணப்படசோனார் 632
ஒலிச்செறிவு அளவீடு 651

ஒலிச்செறிவும் அழுத்தமும் 655
ஒலித்தோற்றுவாய் 656
ஒலி நீரடி 633
ஒலி நுட்பவியல் 634
ஒலிப்பதிவு 634
தற்கால ஒலிப்பதிவுமுறை 635
நாடா ஒலிப்பதிவு 635
ஒலிப்பதிவு 636
பகுதிகளும் ஒலிப்பதிவு முறையும் 635
மின்பதிவு முறை 635
ஒலிப்பதிவுத்தடம் 636
உருத்துலக்கம் 638
ஒளி மின்கலம் 638
பேசும்படம் 637
மாறு அடர்த்தி முறை 637
மாறுபரப்பு முறை 637
ஒலிப்பதிவும் ஒளிமீட்பும் 626
ஒலிப்பான் 659
ஒலி:.பின்இழை 645
இயற்பியல் பண்பு 645
தொழிலகப் பயன் 646
பயன் 646
பொதுப்பண்பு 646
வேதிப்பண்பு 645
ஒலிப்பியல் 638
அடைப்பொலி 640
ஆடொலி 641
உயிரொலி 641
உரசொலி 640
உறிஞ்சடைப்பொலி 640
எழுத்துப்பெயர்ப்பு 639
ஒலியன் 643
தமிழ் ஒலியன் 645
மயங்கொலியன் 645
வகைப்படுத்தல் 644
ஒலியுறுப்பும் ஒலியும் 639
ஒலியொற்றுமை 643
சொட்டை ஒலி 640
தட்டையுரசொலி 640
துணை நிலைக்கொள்கை 643
மருங்கு உரசொலி 640
மாற்றொலி 639
ஒலிபெருக்கி 646
ஆற்றல் மாற்றி 646
வகை 646
அசையும் சுருள் ஒலிபெருக்கி 646
நிலைமின்னியல் ஒலிபெருக்கி 647
ஒலிமற்றும் நுண்ணலைக் கோட்டவளைவு 706
ஒலி மறுப்பு 647
எந்திரவியல் கதிர்வீச்சு ஒலி மறுப்பு 648
ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு 648
ஒலி மறுப்பு எண் 648
ஒலி மிதவை 648
ஒலியறிமுறை 449
ஒலியன் 643
தமிழ் ஒலியன் 645
மயங்கொலியன் 645
வகைப்படுத்துதல் 644
ஒலியியல் 206
ஒலியியல் அளவீடு 650
அதிர்வெண் அளவீடு 650
ஒலிக்குறிக்கீட்டு அளவி 651
ஒலிச்செறிவு அளவீடு 651
ஒலியியல் எதிர்ப்பு அளவீடு 651
திசைவேக அளவீடு 650
ஒலியியல் இரைச்சல் 651
ஒலியியல் உரு 652
ஒலியியல் கண்ணிவெடி 653
ஒலியியல் நேர்போக்கான, நேர்போக்கற்ற 653
அடிப்படைச் சமன்பாடு 654
ஒலிச்செறிவும் அழுத்தமும் 655
வெடிப்பு அலை 656
ஒலியியல் மின் விளைவு 656
ஒலித்தோற்றுவாய் 656
ஒலிப்பான் 658
ஒலிவாங்கி 657
அசையும் சுருள் மின்னியக்க ஒலிவாங்கி 657
கார்பன் ஒலிவாங்கி 657
நாடா ஒலிவாங்கி 658
மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றி 657
மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றியின் பண்பு 657
திசைச் சார்புக்காரணி 657
நேர்பண்பு 657
வெளியீட்டுத்திறன் 657
ஒலியின் சீரியல்பியக்கம் 618
ஒலியின் செலுத்தீடு 621
ஒலியுறுப்பும் ஒலியும் 639
ஒலியெல்லைத்தடை 658
ஒலியை உண்டாக்கல் 631
ஒலியை உணர்தல் 625
ஒலியொற்றுமை 643
ஒலிவடிப்பான் 625
ஒலிவாங்கி 660
ஒலிவாங்கி மிகைப்பி 662
செயலாற்றல் ஆய்வு 662
வகைப்பாடு 660
இயக்க வகை ஒலிவாங்கி 662
ஒருதிசை, பலதிசை ஒலிவாங்கி 662

காந்த ஒலிவாங்கி 662
கார்பன் ஒலிவாங்கி 661
நாடா ஒலிவாங்கி 662
நீரடி ஒலிவாங்கி 660
படிக, சுடுமண் ஒலிவாங்கி 662
மின்தேக்கி ஒலிவாங்கி 661
ஒலி விம்மல் 622
ஒலி விலகல் 625
ஒவ்வாமை (தாவரம்) 665
ஒவ்வாமை (மருத்துவம்) 663
ஆய்வு ஒவ்வான் 663
உடனடி ஒவ்வாமை 664
எதிர்ப்பாற்றலை வளர்க்கும் முறை 664
ஒவ்வாமை அளவைக் குறிக்கும் முறை 664
கலவை ஒவ்வாமை 664
தன் ஒவ்வாமை 664
தாமதவகை ஒவ்வாமை 665
நோய்நாடல் 663
மருத்துவம் 664
ஒழுங்குவரிசை 669
ஒளி 670, 877
ஆற்றல் உந்தம் தொடர்பு 672
ஒளியின் வேகம் 671
ஒளிவேகச்சிறப்பு 572
குவாண்டம் கொள்கை 671
நிறை ஆற்றல் தொடர்பு 672
மின்காந்த அலைக்கொள்கை 670
ஒளி அயனியாக்கம் 672
அக ஒளிமின் விளைவு 673
புற ஒளிமின் விளைவு 673
ஒளி அளவியல் 674
ஒளி அளவியல் கருவி 675
இமைத்தல் முறை ஒளி அளவி 677
ஒளிமின் ஒளி அளவி 676
புன்சனின் கிரீஸ் புள்ளி ஒளி அளவி 676
லம்மர்ஃப்ரோடன் ஒளி அளவி 676
ஜாலியின் ஒளி அளவி 676
விதி
லாம்பர்ட் எதிர் விகித இருமடி விதி 674
லாம்பர்ட் கொசைன் விதி 674
ஒளி ஆவர்த்தனம் 678
ஒளிக்கால உணர்வும், பூத்தல் தூண்டப்படுதலும் 679
ஒளிக்காலத்துவத்தால் தாவர வகைப்பாடு 678
குறும்பகல் தாவரம் 678
நெடும்பகல் தாவரம் 678
பகல்சாராத் தாவரம் 679
ஒளி ஆற்றல் 679
ஒளி உட்கரு எதிர்வினை 679
ஒளி உணர் பொருள் 681
எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒளிர்தல் 683
கட்புல ஒளியூட்டல் 683
கதிர்வீச்சுக் கதிர் ஒளிர்தல் 683
டிரான்சிஸ்டர் 682
நின்றொளிர்தல் 684
படிக மின்கலம் 682
பயன் 684
மின்புல ஒளிர்தல் 684
ஒளி உணர்வுத்திறன் 684
ஒளி உயிரியல் விளைவு 685
தாவரங்களில் ஒளி விளைவு 685
குறும் பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
சமபொழுதுத் தாவரம் 686
மிகு பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
விலங்குகளில் ஒளி விளைவு 686
ஒளி எதிரிணையம் 686
தோற்றுவிக்கும் முறை 689
பண்பு 689
பயன் 691
ஒளி எலெக்ட்ரான் 750
ஒளி எலெக்ட்ரான் நிறமாலையியல் 692
ஒளி ஒளிர்வு 785
ஒளிக்கதிர்க் கோட்டம் (வானியல்) 694
ஒளி விலகலின் விளைவு 696
ஒளி விலகலைக் கணக்கிடும் வாய்பாடு 697
காசினி வாய்பாடு 698
கிடைநிலை ஒளி விலகல் 696
குத்துயரமும் உச்சித் தொலைவும் 696
ஒளிக்காலத்துவத்தால் தாவர வகைப்பாடு 678
குறும்பகல் தாவரம் 678
நெடும்பகல் தாவரம் 678
பகல்சாராத் தாவரம் 679
ஒளிக்கூண்டு மீன் 698
ஒளிக்கோட்டம் 699
ஒலி மற்றும் நுண்ணலைக் கோட்டவளைவு 706
கார்னு சுழல் வளையம் 705
கோட்ட விளைவின் வகை 699
அதிர்வு வளைவு முறை 700
இரட்டைப் பிளவில் ப்ரான் கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 701
ப்ரான் கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 700
தளக்கோட்ட விளைவுக்கீற்றணி 702
ப்ரெனல் ஒளிக்கோட்டம் 703
மண்டலத்தட்டு 704
ஒளிச்சிதறல் 706
ஒளிச்சிதறலும் நீலவானமும் 706
ஒளிச்சிதறலும் மீநுண்ணோக்கியும் 706
டிண்டால் விளைவு 706
ஒளிச்செறிவு 707

ஒளிச்சேர்க்கை 707
ஆற்றல்மூலம் 709
உடன் விளைவு 709
செயல்படுத்தும் காரணி 708
தேவையான பொருள் 708
பயன் 710
பாக்டீரியாவும் ஒளிச்சேர்க்கையும் 709
வரலாறு 708
விளைவுப்பொருள் 709
ஒளிசார் மாற்றியம் 764, 812
ஒளிச்சேர்க்கையின் விளைவுப்பொருள் 709
ஒளி தன்னொளிர்வு 710
ஒளித்திறமை 710
எதிர் முனைத் தன்னொளிர்வு 710
ஒளித்தன்னொளிர்வு 710
நிறமாலை ஒளித்திறமை 711
மின் தன்னொளிர்வு 710
வேதியியல் தன்னொளிர்வு 710
ஒளிப்பசை அச்சடிப்புமுறை எந்திரங்கள் 236
ஒளிப்படக்கருவி 712, 778
உடனடிப்படம் தரும் ஒளிப்படக்கருவி 717
எதிர் ஒளிப்படக்கருவி 716
காட்சி ஒளிப்படக்கருவி 717
சலனப்படக்கருவி 719
செய்தித்தாள் ஒளிப்படக்கருவி 717
செய்முறைப் படக்கருவி 718
துணைக்கருவி 719
நீருக்கடியில் பயன்படும் படக்கருவி 718
படக்கருவிகளின் வகை 715
படமெடுத்தல் 713
குவியச் செய்தல் 714
புலத்தின் ஆழம் 714
மடக்கும் ஒளிப்படக்கருவி 716
மிக நுண்ணிய படக்கருவி 718
வானத்தில் படமெடுக்க உதவும் கருவி 718
ஸ்டீரியோ ஒளிப்படக்கருவி 718
35 மி. மீ. ஒளிப்படக்கருவி 716
ஒளிப்படப் பொருள் 719
ஒளிப்படத்தட்டு 719
ஒளிப்படத்தாள் 719
பால்மம் 720
பால்மமேற்பூச்சு 719
ஒளிப்படமுறை (நிலவியல்) 720
வான் ஒளிப்பட இயல் 720
வான் ஒளிப்படங்களின் விளக்கம் 720
வான் ஒளிப்படமெடுத்தல் 720
ஒளிப்பட முறை அச்சுக்கோத்தல் 721
காந்தத்தட்டு 723
காந்த நாடா 723
தாள் நாடா 722
பதிவாகும் முறை 723
வட்டுகளும் நாடாக்களும் 722
ஒளிப்படவியல் 723
உருத்துலக்கி 725
உருப்பெருக்கி 726
ஒளிப்படப்பெட்டி 724
நிலை நிறுத்தி 726
நீக்கல் முறை 728
வண்ணத் திருப்பல் ஒளிப்படம் 729
வண்ணப்படம் 729
ஒளிப்பிறழ்ச்சி (இயற்பியல்) 729
ஆஸ்டிக்மாட்டிசா 732
உருக்குலைவு 733
கோமா 731
கோளப்பிறழ்ச்சி 730
டையாப்புள்ளிப்பிழை 734
பல வளைவு 733
ஒளிப்பிறழ்ச்சி (கணிதம்) 733
ஒளிப்புரை 735
ஒளிபுகு ஊடகம் 735
ஒளி புற ஊதாக்கதிர் நிறமாலையியல் 735
உமிழ் நிறமாலை 736
துலக்கி 737
நிறப்பிரிகை திறன் 739
பகுதிறன் 737
பயன் 738
ஒளி மண்டலம் 739
ஒளி மண்டலத்தின் வெப்பநிலை 740
கருமையான விளிம்பு 740
சூரியக் கோளத்தின் கூர்மை 740
சூரியத் துணுக்குகளும் சூரிய வெப்பச் சலனமும் 739
மேம்பட்ட சூரியத்துணுக்கு 739
ஒளி மருத்துவ விளைவு 741
ஒளி மறைப்பு 741
சந்திரன் மறைப்பு 742
சூரியன் மறைப்பு 743
சூரியன் சந்திரன் மறைப்புகளின் முக்கிய ஒற்றுற்றுமை வேற்றுமை 744
சூரியன் மறைப்புகளுக்கான சூழ்நிலை 743
ஒளிமாறு விண்மீன் 745
ஒளி மிகைப்பி 746
உருவ மிகைப்பிக் குழல் 744
பயன் 747
ஒளி மின்கடத்துமை 747
என்.பி.என்.ஒளி டிரான்சிஸ்டர் 750
ஒளி மின்கடத்தும் கருவி 749
சரிவு (விளைவு) ஒளி டையோடு 749
நிறமாலை மறுதலிப்பு 748
பி.ஐ.என்.ஒளி டையோடு 749

பி.என்.ஒளி டையோடு 749
மறுதலிப்பு வேகம் 749
ஒளிமின் ஒளி அளவி 677
ஒளிமின் கலம் 638
ஒளி மின்விளைவு 750
ஒளி எலெக்ட்ரான் 750
குவாண்டம் கொள்கை 751
மாறுநிலை அதிர்வெண் 751
ஒளி மின்விளைவும் எலெக்ட்ரான் வெற்றிடமும் 913
ஒளி மின்னழுத்த விளைவு 751
ஒளி மின்னியல் 752
ஒளி மீட்சியியல் 752
ஒளி மீன் (சுவாதி) 753
ஒளி முறைத் தாழ்த்தல் 753
ஒளி முன்னிலையசைவு 754
ஒளி முனைவுத் திருப்பளவி 763
ஒளி முனைவுத் திருப்பளவிப் பகுப்பு 755
அமிலத்தினால் சர்க்கரைக் கரைசலில் ஏற்படும் இடவல மாற்றமறிதல் 756
அலகு கோணத் திரிபு 755
சர்க்கரைக் கரைசலின் அலகு கோணத்திரிபைக் கணக்கிடல் 756
முனைவுடை ஒளி 755
ஒளி மூலச் சிதறல் 625
ஒளியாண்டு 757
ஒளியிய இரட்டை விண்மீன் 757
ஒளியியல் 205
ஒளியியல் உரு 759
ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி 762
பிரிதிறன் 762
பிறழ்ச்சி 760
ஒளியியல் சுழல் வினை 762
அகச்சமம் 765
இடவலமுறி அமிலம் 763
இடவலமுறி நெடுநிலையாக்கல் 766
ஒப்புமைச் சுழற்சி 767
ஒளி சார் மாற்றியம் 764
சமச்சீர் இல்லா கார்பன் 764
புறச்சமம் 765
ஒளியியல் திருத்தம் 769
ஒளியியல் நுண்ணோக்கி 379
ஒளியியல், நேரிலா 767
அதிர்வெண் கலப்பு 768
இரண்டாம் வரிசை விளைவு 768
ஒளியியல் திருத்தம் 769
கட்டப்பொருத்தம் 768
செறிவுசார்ந்த விளைவு 770
தானாகக் குவிதலும் குவிய நீக்கமும் 770
துணை அலகு உற்பத்தி 769
மூன்றாம் வரிசை இடைவினை 769
ஒளியியல் பட்டகம் 770
டையாப்டர் 772
ஒளியியல் பண்பு
ஒப்பலின் 882
ஒளியியல் பரப்பு 772
ஒளி விலக்கக்கோளம் 773
கார்ட்டிசியன் பரப்பு 773
ஒளியியல் பொருள் 774
கால், அரை அலை நீளத்தகடு 776
சீரமைப்புப்பொருள் 775
சீரற்ற படிகங்களில் ஒளி அலை 775
ஒளியியல் பொருள் 774
கால், அரை அலைநீளத்தகடு 776
சீரமைப்புப்பொருள் 775
சீரற்ற படிகங்களில் ஒளி அலை 775
சொலில் சீராக்கி 777
ஞெசிழி 774
நைக்கல் முப்பட்டகம் 776
பாபினட் சீராக்கி 777
புற ஊதா அகச்சிவப்புக்கதிர்களுக்கான பொருள் 774
ஒளியிய வானியல் 777
ஒளிப்பட அளவி 778
தோற்றம் 777
நிறமாலை வரைவி 778
விண்வெளியியிலிருந்து ஆய்வு 779
ஒளியியல் முறை
பாய்மங்களின் உட்கவர்பை அளக்கும் 628
ஒளியின் வேகம் 671
ஒளியுணர்வி 779
கண் அடுக்கு 779
கண்ணின் குறைபாடு 781
கிட்டப்பார்வை 781
சமதளமில்லாத கண் நிலைமை 781
தூரப்பார்வை 781
கண் பள்ளங்களும் நீர்த்தன்மைகளும் 780
கண்வேலை செய்யும் விதம் 780
கணுக்காலிகளின் கூட்டுக்கண் 781
பார்வையின் வேதியில் 780
முதுகெலும்பு உள்ள விலங்கின கண்-
கணுக்காலி கூட்டுக்கண் ஒற்றுமை வேற்றுமை 781
வண்ணப்பார்வை 781
ஒளியேற்றம் 781
கிளர் நிலையில் அணு 782
தற்சுழற்சிப் பரிமாற்றம் 784
தாழ்நிலை அணு 783
ஒளிர்ச்சி 784
ஒளிவிலக்கச் செறிவு 784

ஒளிர்தல் 785
உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு 788
உயிரி ஒளிர்வு 785
எதிர்மின் ஒளிர்வு 785
ஒளி ஒளிர்வு 785
கதிரியக்க ஒளிர்வு 785
செறிவுத்தணிப்பு 788
தூண்டிகளும் நச்சுகளும் 786
நின்றொளிர்வு 785
பின்னொளிர்வு 785
வேதி ஒளிர்வு 785
ஒளிர்மகுடம் 789
ஒளிர் மின்னிறக்கத்தின் நிலை 791
ஒளிர் மின்னிறக்கப்பகுதி 791
ஒளிர் மின்னிறக்கம் 789
ஒளிர் மின்னிறக்கத்தின் நிலை 791
ஒளிர் மின்னிறக்கப்பகுதி 791
நடைமுறைக்கருவி 791
வளிமத்தின் மின்னோட்டம் 790
ஒளிர்மீன் 793
நிறமாலைச் சிறப்பியல்பு 793
பரவல் 795
ஒளிர்வமை 797
ஒளிர்வு(இயற்பியல்) 798
ஒளிர்வு (வேதியியல்) 798
உயிரின ஒளிர்வு 799
மின்னொளிர்வு 799
வேதி ஒளிர்வு 798
ஒளிர்வு நிகழ்வு 357,356
ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி 799
ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் 800
ஒளிவடிவ இயல் 801
கோளப்பிறழ்ச்சி 802
நிறப்பிறழ்ச்சி 802
பக்கவாட்டு நிறப்பிறழ்ச்சி 802
முதன்மைப் பிறழ்ச்சி 802
விலகு எண் 801
ஒளிவரை அளவியல் 803
இடமாறு தோற்றத்தை அளக்கும் முறை 805
திட்பக்காட்சி 804
விமானத்திலிருந்து ஒளிப்படம் எடுத்தல் 803
ஒளிவலி 803
ஒளி வளைய வரையி 805
ஒளி விலக்கக் கோளம் 773
ஒளிவிலக்கச் செறிவு 784
ஒளிவிலகல் 807
இரட்டை விலக்கம் 810
நில நடுக்க அலை 811
நீர் அலை 812
பிற மின்காந்த அலை 811
வளிமண்டலத்தில் ஒளி விலகல் 810
ஒளிவிலகலைக் கணக்கிடும் வாய்பாடு 697
ஒளிவினை 812
அகச்சமனம் 813
இடவலம்புரிக் கலவை 813
குடை விளைவு 814
சீர்மைப் பண்பு 813
புறச்சமனம் 813
முப்பரிமாண மாற்றியம் 813
வட்ட ஈரொளிப் பிறழ்வு 815
ஒளிவேகச்சிறப்பு 672
ஒளிவேதியியல் 816
ஆற்றல் மட்டம் 818
ஒளி வேதிவினை 818
குரோத்தஸ்-டிரேப்பர் விதி 817
ஸ்டார்க்-ஐன்ஸ்டீன் விதி 817
ஒளிவேதிவினை 818
ஒற்றடம் 819
ஒற்றி 820
எறிந்துவிடக்கூடிய ஒற்றி 820
கருப்பை வாய் ஒற்றிகளும் யோனி ஒற்றிகளும் 820
குரல்வளை ஒற்றி 820
குழந்தை ஒற்றி 820
தனிப்பட்ட ஒற்றி 820
மூக்குவழியாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றி 820
மூக்கைத்தூண்டிச் செலுத்தப்படவேண்டிய ஒற்றி 820
ஒற்றை அணுத்துலக்கம் 556
ஒற்றைக்குளம்பி 820
ஈக்குவிடே 820
அசைனஸ் 821
ஈக்குவஸ் 820
டோலிகோஹிப்பஸ் 821
ஹிப்போடைக்ரிஸ் 821
டப்பிரிடே 822
டப்பிரஸ் 822
பல் வாய்பாடு 820
ரைனோசெராட்டிடே 822
செரட்டோதீரியம் 822
டைசீரோஸ் 822
டையரோரைனஸ் 824
ரைனோசிரோஸ் 822
ஒற்றைச்சரிவுப் படிகத்தொகுதி 824
இணைவடிவப்பக்கம் 824
கனிமஜிப்சம் 825
கூம்புப்பட்டகம் 825
சரிவுப்பட்டகவகை 825
சரிவுமாடம் 825

சீர்மைத்தளம் 824
செம்மாடம் 825
பட்டகம் 824
படிக அச்சு 824
ஒற்றைச் சரிவுப் படிகத் தொகுதியின் சீர்மைத்தளம் 824
ஒற்றைச்செல் உயிரி 825
ஒற்றைத் தலைவலி 827
ஒருமுக ஒற்றைத் தலைவலி 828
கண்குத்தல் ஒற்றைத் தலைவலி 828
கொத்துத்தலைவலி 829
நோய்க்காரணம் 829
பக்கவாதத்துடன் கூடிய ஒற்றைத் தலைவலி 829
மருத்துவம் 829
முதல்தர ஒற்றைத் தலைவலி 827
ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி 762
ஒற்றைப்படிகம் 829
ஒற்றைப்பசை எரிபொருள் 446
ஒற்றை மின்மாற்றி 830
மடை 831
மின்னழுத்தச் சீராக்கல் 831
ஒற்றை மின்முனை 832
ஒன்றியச் சமச்சீர்மை 833
எஸ்.யூ.என். சமச்சீர்மை 834
எஸ்.யூ-3 சமச்சீர்மை 834
சார்பியலற்ற சமச்சீர்மை 834
நிற எஸ்.யூ-2 834
மின்சாராமை 833
ஒன்றியப்புலக்கோட்பாடு 834
அண்மை முனைவு 835
ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப்பிணைப்பு 836
டீல்ஸ் ஆல்டர் வினை 837
ஒனக்ரேசி 837
அல்லி 839
இலை 837
கனி 839
சூலகம் 839
தென் இந்தியாவில் காணப்படுபவை 840
புல்லி 838
மகரந்தத்தாள் வட்டம் 839
மஞ்சரி 838
மலர் 838
வளரியல்பு 837
விதை 840
ஒனைக்கோஃபோரா 840
உறைவிடம் 840
ஒனைக்கோஃபோரா-கணுக்காலி ஒத்த பண்பு 842
ஒனைக்கோஃபோரா-வளை தசைப்புழு ஒத்த பண்பு 842
கணுக்காலி-ஒனைக்கோஃபோரா வேறுபாடு 843
பழக்க வழக்கம் 842
புறத்தோற்றம் 841
வரலாறு 841
ஓக்டன்ஸ் விண்மீன் குழு 384
ஓக்மரம் 843
இந்திய இனம் 845
இலை 844
காய் 844
சூலகம் 844
பயன் 845
மகரந்தத்தாள் 844
மலர் 844
வகைப்பாடு 844
வேர் 843
ஓக்மர வேர் 844
ஓசிப்போடா 845
ஓசோன் 848
இயல்பு 849
சேர்க்கை வினை 850
சோரட் ஆய்வு 850
தயாரிப்பு முறை 848
சீமன் ஓசோனாக்கி 848
தொழில் முறை தயாரிப்பு 848
பிராடி ஓசோனாக்கி 848
பயன் 850
நிறம் நீக்கி 859
வாய்பாடு 850
வேதிப்பண்பு 849
ஓசோனாற் பகுப்பு 981
பயன் 852
வினை-வழி முறை 851
ஓட்டிஸ் எலிஷா கிரேவ்ஸ் 852
ஓட்ஸ் 852
ஓட்ஸ் சோறு தயாரிப்பு 854
சூழ்நிலையும் சாகுபடியும் 853
தானியம் 853
தோற்றம் 853
நோய் 854
பயன் 854
புறத்தோற்றம் 853
ஓடல் காட்டி 854
பொறிக்கல ஓடல் காட்டி 854
மினுமினுப்பு எண்ணி ஓடல்காட்டி 855
ஓடல் வரைவு 855
ஓடு 857
ஐரோப்பிய கால ஓடு 858

தற்கால ஓடு 858
தொன்மை ஓடு 857
ஓடும் நீர்ச் சூழலமைப்பு 858
ஓடும் நீருள்ள அமைப்பு 861
கழிமுகச் சூழலமைப்பு 866
நன்னீர்ச் சூழ்நிலையின் வகை 861
நீர் 859
நீர்ச் சூழ்நிலை அமைப்பு 859
நீரில் ஒளி ஊடுருவல் 860
நீரில் கரைந்துள்ள உப்பு 860
நீரில் கரைந்துள்ள வளிமம் 860
வேகம் மிகுந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்பு 862
ஓடோனேட்டா 868
வகைப்பாடு 870
அன் ஐசாப்டிரா 870
சைகாப்டிரா 870
வாழ்க்கைச் சுற்று 869
ஓணான் 870
ஓதத்தடுப்பும், தேய்வுக் காப்பும் உடைய காலணி அடித்தோல் 876
ஓதத்தடுப்பு 876
காலணி அடித்தோல் 877
காலணி மேல் தோல் 877
தோலாடைகள் 877
ஓதம் 872
ஓதயிடைப்பகுதி 877
இயற்பியல் காரணி 877
அலை 877
ஒளி 877
வெப்ப நிலை 877
உயிரிகளின் தகவமைப்பு 878
வேதியியல் காரணி 878
ஆக்சிஜன் 878
உப்புத்தன்மை 878
கனிமப்பொருள் 878
ஓந்திக் கொக்கி 878
ஓந்தித் தூக்கு 879
ஓநாய் 880
ஓப்பல் 881
இயற்பியல் வேதிப்பண்பு 881
இரத்தின வகை ஓப்பல் 881
ஒளியியல் பண்பு 882
ஓப்பல் காணப்படும் இடங்கள் 883
செயற்கை ஓப்பல் 882
நவரத்தின மதிப்பில்லாத பிற ஓப்பல் 882
ஓப்பன் ஹைமர், ஜெ. ராபர்ட் 883
ஓப்பியம் 883
தீய விளைவு 884
ஓபர்த், ஹெர்மேன் ஜூலியஸ் 884
ஓம் (அலகு) 885
ஓம் அளவி 887
தொடர் நிலை அமைப்பு வகை 887
பக்க இணைப்பு வகை 888
பக்க இணைப்பு வேலை செய்யும் முறை 888
ஓம்ஃபசைட் 889
ஓம் விதி 890
பயன் 890
வரையறை 890
ஓம், ஜார்ஜ் சைமன் 890
ஓமம் 891
அல்லி வட்டம் 892
இலை 892
கனி 892
சூலகம் 892
தோற்றம் 891
பயன் 892
புல்லி வட்டம் 892
மகரந்தத்தாள் வட்டம் 892
மஞ்சரி 892
மலர் 892
வகைப்பாடு 892
வளரியல்பு 892
ஓய்வு நிறை 893
ஓர் புழைப்பாலூட்டி 894
வகைப்பாடு 895
ஆர்னித்தோரின்கிடே 895
எக்கிட்னிடே 895
ஓரகத் தொடர் அமைப்பு 896
இடைச் செய்தித் தொடர்புக் குறியீடு 897
சாவித் தொலை பேசி அமைப்பு 896
சிறப்பியல்புகள் 897
பயன் 897
ஓரத்திண்ணம் 19
ஓரிடத்தி 898
ஓரிதழ்த் தாமரை 898
இலை 899
கனி 900
சூலகம் 900
பயன் 900
புல்லி 899
மகரந்தச் சேர்க்கை 900
மலர் 899
வளரியல்பு 899
விதை 900
ஓரியல் உந்து எரிபொருள்கள் 446
ஒற்றைப்பசை எரிபொருள் 446
இரட்டைப்பசை எரிபொருள் 446

உருண்டை முறை 447
வார்ப்பு முறை 447
ஓரியல் நீர்ம எரிபொருள் 452
ஓரியல்பு இயற்கணிதம் 901
கலப்புப் பகுதிகளின் ஓரியல்பும் இணை ஓரியல்பும் 901
சேர்ப்பு இயற்கணிதங்களுக்கு இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடு 902
பொருத்தமான வரிசைத் தொடர் 902
மட்டுகளின் வகையினம் 902
லீ இயற்கணிதங்களின் இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடு 902
ஓரியன் முகிற்படலம் 900
ஓரியன் விண்மீன் குழு 903
ஒருருவமாக்கல் 900
நேர் போக்கு மாற்றம் 904
பன்மையில் இணைந்த பரப்பு 906
ரீமனின் தேற்றம் 905
ஒருறுப்பி அணுக்கரு 906
நீடு வாழ் ஒருறுப்பித் தற்சுழற்சி 907
மாய எண் 907
ஓரை ஒளி 908
ஓல்டாம் பிணைப்பு 908
ஓலாந்தைட் 909
ஓலாஸ்டோனைட் 909
ஓலியேசி 910
அல்லி 910
இலை 910
ஃபோர்சீதியா 910
கனி 910
சூலகம் 910
புல்லி 910
மகரந்தத்தாள் 910
மஞ்சரி 910
மலர் 910
வகைப்பாடு 911
வளரியல்பு 910
விதை 910
ஓவென்ஸ், ராபர்ட் போயி 912
ஓஜோ விளைவின் முன்னோடியும் ஆய்வும் 913
ஓஜோ விளைவு 912
ஒளிமின் விளைவும் எலெக்ட்ரான் வெற்றிடமும் 913
ஓஜோ அலைவரிசை 914
முன்னோடியும் ஆய்வும் 913
வாய்ப்பு 914
கட்டகம் தாங்க வேண்டிய சுமை 1
கட்டக வரைபடம் 17
கட்டப் பொருத்தம் 768
கட்டமைப்பு
ஒத்தியங்கு திசை மாற்றியின் 580
கட்டமைப்பும், வடிவமைப்பும்
பால்பண்ணை எந்திரத்தின் 239
கட்டுப்படுத்தும் முறை 329
உடன் கொல்லும் நச்சு 329
எலிகளை விரட்டுதல் 330
எலிப்பொறி வைத்தல் 329
காலந்தாழ்த்திக் கொல்லும் நச்சு 329
நச்சுப் புகையால் கொல்லுதல் 330
பானைப்பொறி வைத்தல் 329
மருந்து மூலம் கட்டுப்படுத்தல் 329
வளைதோண்டி அழித்தல் 329
கட்டுப்பாடு நெறிப்பாடு அமைப்பு 434
கட்டு மானம்
எஃகு கட்டகத்தின் 5
கட்டை எண்ணெய் 140
கட்புல ஒளியூட்டல் 683
கடல் அண்மைப் பகுதியில் கிணறு தோண்டுதல் 156
கடல் ஆய்வு 627
கடலும் நிலவியல் அறிவும் 156
கடுமையான புரை கண்ட நிலை 276
கண் அடுக்கு 779
கணக்கீடு
எடையறி பகுப்பாய்வில் 104
கண் குத்தல் ஒற்றைத் தலைவலி 828
கண்ணின் குறைபாடு 781
கிட்டப்பார்வை 781
சமதளமில்லாத கண் நிலைமை 781
தூரப்பார்வை 781
கண் பள்ளங்களும் நீர்த் தன்மைகளும் 780
கண் வேலை செய்யும் விதம் 780
கணுக்காலி-ஒனைக்கோஃபோரா வேறுபாடு 843
கணுக்காலிகளின் கூட்டுக்கண் 781
கதிர் வீச்சுக் கதிர் ஒளிர்தல் 683
கதிரியக்க ஐசோடோப் 488
கதிரியக்க ஒளிர்வு 785
கப்பல் அலரி 392
கம்பி நார் 16
கம்பியின் அளவு 15
கம்பி வ்ளைப்பட்டியல் 17
கரிம் அதிர்வு ஒடுக்கி 208
கரிமப் பொருள்
எலும்புக்கூழ்ப் பகுதியில் 339
கரி நீருட்டல் 11
கரி நைட்ரஜன் ஊட்டல் 10
கரியடுப்பு வளிமம் 293
கரியூட்டல் 9
கரியூட்டலுக்கு ஏற்ற எஃகு 10
கரி வளிமம் 292
கருப்பஞ்சாற்றிலிருந்து எத்தில் ஆல்கஹால் தயாரித்தல் 166

கருப்பை வாய் ஒற்றிகளும் யோனி ஒற்றிகளும் 820
கருமையான விளிம்பு
ஒளிமண்டலத்தில் 740
கரைத்தல்
எடையறி பகுப்பாய்வில் 101
கரைப்பான்
எண்ணெய் மீட்பு முறையில் 144
கலப்பினமாதல் 614
கலப்பு நிலை உந்து எரிபொருள் 455
கலப்புப் பகுதிகளின் ஓரியல்பும் இணை ஓரியல்பும் 901
கலப்பெண் 108
கலவை ஒவ்வாமை 664
கழித்தல் 110
கழிமுகச் சூழ்நிலை அமைப்பு 866
கழுத்துக் காயங்கள் 336
கழுத்துப் பகுதிக் காயங்களால் வரும் விளைவுகள் 336
கழுவுதல் 103
களை முளைக்கும் பருவம் 605
களை முளைக்கும் முன் இடும் களைக் கொல்லி 606
கற்காரைக் கூட்டமைப்பு வலிவூட்டி 20
அமுக்கவிசை வலிவூட்டி 20
இழுவிசை வலிவூட்டி 20
பக்கப் பகுதி வலிவூட்டி 20
கற்காரையில் பயன்படும் கட்டமைக்கப்பட்ட மிகு இழு வலிமை எஃகுக் கம்பி வலைகள் 16
கன்று ஈன்ற பின்னும் கண்காணிக்க வேண்டியவை 313
கன்று ஈனுதல் 313
கண்காணிக்க வேண்டியவை 313
கருப்பையை வெளித் தள்ளினால் செய்ய வேண்டிய மருத்துவம் 313
பேணும் முறை 313
முன் அறிகுறி 313
கன்று ஈனும் அறிகுறி 313
கன்று ஈனும் முன் தோன்றும் அறிகுறி 313
கனற்சி அறை 45
கனி
எட்டிக்காயின் 92
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 304
எல்மின் 321
எலுமிச்சையின் 347
ஏலத்தின் 430
ஏழிலைப்பாலையின் 469
ஐசோசியேசியின் 515
ஐந்து காயப் பூவின் 506
ஒனக்ரேசியின் 839
ஓமத்தின் 892
ஓரிதழ்த் தாமரையின் 900
ஓலியேசியின் 910
கனிம உப்பு 340
கனிமப் பொருள் 878
கனிம ஜிப்சம் 825
காகிதப்பூ 393
காசினி வாய்பாடு 698
காட்சி ஒளிப்படக் கருவி 717
காந்த எதிர்ப்பு முன்னோடி 180
காந்த ஒடுக்கம் 544
காந்த ஒலி வாங்கி 662
காந்தக் குவாண்டம் எண் 350
காந்தச் சுழற்சி விளைவு 350
காந்தத் தட்டு 723
காந்த நாடா 723
காந்தப் பாயத்தின் அலை வடிவை மாற்றும் முறை 582
ஒரு காந்த முனையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்து அமைத்தல் 582
துணைக்காந்த முனைகளைப் பயன்படுத்துதல் 582
துணை மின்னோடியைக் கொண்டு தொடங்குதல் 583
தூண்டு மின்னோடி போலத் தொடங்குதல் 583
தொடங்கும் முறை 583
காப்புக்குழாய்
எண்ணெய் வளிமக் கிணறு சீர் செய்தலில் 146
காப்பு முறை
எஃகு கட்டகத்தின் 5
காம்ப்டன் விளைவு 55
காய்ச்சி வடித்தல் 492
கார்ட்டிசியன் பரப்பு 773
கார்பன் ஒலி வாங்கி 657, 661
கார்னு சுழல் வளையம் 705
காரணிகளைத் தூய்மையாக்கல் 77
கார வகை ஆக்சிஜன் முறை 8
கால், அரை அலை நீளத்தகடு 776
கால்தீரியா 275
காலணி அடித்தோல் 877
காலணி மேல் தோல் 877
காலந்தாழ்த்திக் கொல்லும் நச்சுகள் 329
காலெலும்புகள் 339
காற்றழுத்த விதைப்புக் கருவி 247
காற்றிடம் விட்டுக் காற்றிடம் பாயும் ஏவுகணை 440
காற்றிலிருந்து நிலம் பாயும் ஏவுகணை 440
காற்றின்றி எரிபொருள் உட்செலுத்துதல் 284
காற்றுடன் எரிபொருள் உட்செலுத்துதல் 284
காற்று வகைப்படுத்தும் எந்திரம் 256
கிட்டப்பார்வை 781
கிடை நிலை ஒளிவிலகல் 696
கிணறு தோண்டும் ஆய்வு 149
கிணறு தோண்டும்போது பயன்படும் பாய்மங்கள் 148
கிளர் நிலையில் அணு 782
கீகரி எண்ணுக்கருவி 130

கீழ் மட்டச் சூலகம் 430
குக்கர்பிட்டா 614
குத்துயரமும் உச்சித் தொலைவும் 696
குமிழ் நிலத்தூண் 27
குமிழி 128
குரல் வளை ஒற்றி 820
குரோத்தஸ்-டிரேப்பர் விதி 817
குவாண்ட்டம் கொள்கை 671, 751
குவியச் செய்தல் 714
குழந்தை ஒற்றி 820
குழாய்க் கிணற்றோடு எண்ணெய்த் தேக்கத்தை இணைக்கும் முறை 146
குழாய்க் கிணறு எக்கி 31
குளிர்விக்கப்படாக் கலன் 462
குறியறி கருவி 432
குறுக்கீட்டு விளைவு 622
குறுக்கு அதிர்வு 207
குறுக்கு இணைப்புப் பொருள் 449
குறுகிய தொலைவு ஏவுகணை 431
குறு பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
குறும்பகல் தாவரம் 678
குறை ஒட்டு வாழ் தாவரம் 529
குறைபாடு
  எரிகலப்பியின் 272
குறை மறிப்பு இருப்பு 176
கூட்டல் 110
கூட்டல் கழித்தல் முறை 118
கூட்டுத்துளை முப்பரிமாணப்படவியல் 632
கூட்டுத்தொடர் 112
கூட்டு நீர்ம எரிபொருள் 452
கூட்டுறவு நிகழ்வு 482
கூம்புக் குழல் 135, 458
கூம்புப் பட்டகம் 825
கூலம் (தானியங்கள்) தரம் பிரிக்கும் எந்திரம் 248
கூலம் (தானியங்கள்) தூற்றும் எந்திரம் 248
கூலிட்ஜ் குழாய் முறை 42
கை எக்கி 32
கையெலும்புகள் 338
கொத்துத் தலைவலி 829
கொம்பு வடிவ ஒலிபெருக்கி 647
கொழுப்புறை எண்ணெய் 140
கொள்கலன் பொருத்துதல் 136
கொன்றுண்ணல் 192
கோட்ட விளைவின் வகை 699
  அதிர்வு வளைவு முறை 790
  இரட்டைப் பிளவில் ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 701
  ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 700
கோடகம் சார்ந்த விதி 121
கோர்வு உத்திரம் 4
கோர்வுகளுக்கு இடையேயான பொருள் 301
கோளப்பிறழ்ச்சி 730, 802
சட்டகம் 29
சட்டங்களின் மூலம் பூச்சிகளைக் கட்டுப்படுத்தல் 608
சட்டமும் இயற்கைக் கட்டுப்பாடுகளும் 153
சதுரவடிவத் திருகுமரை 223
சந்திரன் மறைப்பு 742
சம எண்ணிக்கையில் புரோட்டானும் நியூட்ரானும் உடைய அணுக்கரு 599
சமச்சீர் இல்லாக் கார்பன் 764
சமதளமில்லாத கண்நிலைமை 781
சமபொழுதுத்தாவரம் 686
சமன்பாடுகளின் மூலங்கள் 124
சயனைடு ஊட்டல் 11
சர்க்கரைக் கரைசலின் அலகுகோணத் திரிபைக் கணக்கிடல் 756
சர்வசமம் அல்லது ஒருங்கிசைவு வரையறை 113
சரக்கொன்றை 391
சரிவுப்பட்டக வகை 825
சரிவு மாடம் 825
சரிவு (விளைவு) ஒளி டையோடு 749
சலனப்படக்கருவி 719
சவ்வு 621
சாண்டர்சன் அளவீடு
  எலெக்ட்ரான் கவல் ஆற்றலில் 361
சாய்தளத்தின் மேல் எறிபொருளின் இயக்கம் 403
சார்பியலற்ற சமச்சீர்மை 834
சாவித்தொலைபேசி அமைப்பு 896
சிட்ரோனெல்லா எண்ணெய் 139
சிம்சன் 1/3ஆம் விதி 121
சிம்சன் 1/8ஆம் விதி 122
சிமெண் 340
சிவப்பு மஜ்ஜை 345
சிறப்பியல்பு
  எதிர்மின் கதிரின் 185
  ஐசோபெரினாய்டின் 499
  ஒதிய மரத்தின் 583
  ஓரகத் தொடர்பு அமைப்பின் 897
  தகட்டுச் சுருள் வில்லின் 219
சிறப்பு எக்ஸ்கதிர்குழாய் 58
சிறப்புச்சுருள்வில் 220
சின் மாற்றியம் 612
சினை எருமைகளைப் பேணும் முறை 313
சிஸ்டர்னே 123
சீகண்ட் கணிப்புவழி 124
சீமன் ஓசோனாக்கி 848
சீரமைப்புப்பொருள் 775
சீரற்ற படிகங்களில் ஒளி அலை 775
சீலோலெபிடா 343
சுடர்ப்பொறி எண்ணி 131
சுர்த்தி எருமை இனம் 312
சுரண்டுமுறை எதிர்வாழ்வு 191
  அகபுற ஒட்டுண்ணிகள் 192
  ஒட்டுண்ணித்துவம் 191

கொன்றுண்ணல் 192
நிலையில்லாவகை ஒட்டுண்ணிகள் 191
போட்டிமுறை எதிர்வாழ்வு 192
மீவொட்டுண்ணி வகை 192
சுரப்புமுறை எதிர்வாழ்வு 191
சுருள்வடிவச்சுருள்வில் 220
சுழல் இயக்க எக்கி 31
சுழல் முறை 12
சுழல்விசைச் சுருள்வில் 219
சுழலும் படிகமுறை 61
சுழற்சி 208
சுழற்சிக் குவாண்டம் எண் 350
சுழற்சியின் ஒப்பிணைமை 594
சூட்டிலும் குளிரிலும் மாறா நிலை 592
சூர்வெல் காட்டி 137
சூரிய ஆய்வுகள் 465
சூரிய ஒளிக்காப்பு, நீர்க்காப்பு, தேய்வுக்காப்பு 592
சூரியக்கோளத்தின் கூர்மை 740
சூரியகாந்தி விதைத்தோல் நீக்கும் எந்திரம் 251
சூரியத் துணுக்குகளும் சூரிய வெப்பசலனமும் 739
சூரியன் சந்திரன் மறைப்புகளின் முக்கிய ஒற்றுமை வேற்றுமை 744
சூரியன் மறைப்பு 743
சூரியன் சந்திரன் மறைப்புகளின் முக்கிய ஒற்றுமைகளிள் 744
சூரியன் மறைப்புகளுக்கான சூழ்நிலைகள் 743
சூரியன் மறைப்புகளுக்கான சூழ்நிலை 743
சூல் தண்டு
ஏலத்தின் 430
ஒதிய மரத்தின் 584
சூலகம்
எட்டிக்காயின் 91
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 304
எலுமிச்சையின் 347
ஏலத்தின் 430
ஏழிலைப் பாலையின் 469
ஐந்து காயப்பூவின் 506
ஐசோசியேசியின் 515
ஒனக்ரேசியின் 839
ஓக் மரத்தின் 844
ஓமத்தின் 892
ஓரிதழ்த் தாமரையின் 900
ஓலியேசியின் 910
சூளை வளிமம் 293
செஃபலாஸ்பிடா 342
செரட்டோதீரியம் 822
செய்தித்தாள் ஒளிப்படக்கருவி 717
செய்பொருள் வெட்டுக்கருவி 210
செய்முறைப்படக்கருவி 718
செயல் படுத்தும் காரணி 708
செயலியல் காரணி 530
சைட்டோப்பிளாச உட்கருக் கோட்பாடு 530
பெருமுதலீட்டு வீரியக் கோட்பாடு 530
செயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் 183
செயற்கை எரு 303
செயற்கை ஒப்பல் 882
செவி 625
செறிவு சார்ந்த விளைவு 770
செறிவுத்தணிப்பு 788
செஸ்க்விடெர்ப்பீன் 502
சேமிக்கத்தகும் நீர்ம எரிபொருள் 452
சேர்க்கை வினை 850
சேர்ப்பு இயற்கணிதங்களுக்கு இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடு 902
சேற்று விதைப்பு 606
சைக்ளோஸ்டோமேட்டா 344
சைக்காப்டிரா 870
சைட்டோபிளாச உட்கருகோட்பாடு 530
சொட்டை ஒலி 640
சொலில் சீராக்கி 777
சோரட் ஆய்வு 850
ஞெகிழி 774
ட்ரைடெர்ப்பீன் 502
டப்பீரஸ் 822
டப்பீரிடே 822
டனல் இருமுனைய ஒப்பீட்டு மின்கூற்றுவழி 596
டாப்ளர் விளைவு 522
டாமெண்டுவா எறும்புண்ணி 410
டானே-ஹண்ட் விதி 53
டின்டால் விளைவு 706
டிராக் கொள்கை 178
டிரான்சிஸ்டர் 682
டிரான்ஸ் மாற்றியம் 612
டிரையோடு 368
டி-லேவல் கூம்புக்குழல் 459
டீசல் 291
டீராஸ்பிடா 343
டீல்ஸ் ஆல்டர் வினை 837
டெட்ராடெர்ப்பீன் 503
டெட்ரோடு 369
டைசீரோஸ் 822
டைடெர்ப்பீன் 502
டையரோரைனஸ் 824
டையாப்டர் 772
டையாப்புள்ளிப்பிழை 733
டையாபாண்ட்சின் சமன்பாடு 114
டையாபாண்ட்சின் தோராய எடுத்துக்காட்டு 114
டையோடு 367
டோலிகோஹிப்பஸ் 821
தக்காளி விதை எடுக்கும் எந்திரம் 251
தகட்டு உத்திரம் 3
தகடு 621
தகித்தி எலுமிச்சை 347

தடங்காட்டி 488
தடம் மாற்றி எதிர் வினைப்பி 197
தட்டுக் கலப்பையில் மேற்கொள்ளப்படும் நுட்பம் 216
தட்டு வகை அச்சு எந்திரங்கள் 236
தட்டையுரசொலி 640
தட்டை வடிவிற்கான எந்திரங்கள் 212
தட்டை விளிம்புத் திருகுமறை 223
தடையுறு இயக்கம் 619
தமிழ் ஒலியன் 645
தமிழ் நாட்டின் முக்கிய களை 605
தயக்க விளைவு ஒடுக்கம் 546
தயாரிப்பு 165
உருளைக் கிழங்கிலிருந்து தயாரித்தல் 166
எத்திலீனைச் சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்தால் நீரேற்றம் செய்தல் 165
எத்திலீனை வினையூக்க நீரேற்றம் செய்தல் 165
ஃபிஷர்-ஸ்ட்ரோப்ஸ்ச் முறை 165
கருப்பஞ்சாற்றிலிருந்து தயாரித்தல் 166
தொழில் முறையில் நொதிக்க வைத்தல் 165
தயாரிப்பு முறை 848
எத்திலீன் 166
ஓசோன் 849
தர ஓட்டுறவு 534
தலையெலும்புகள் 338
தழையழகுத் தாவரம் 394
தளக்கோட்ட விளைவுக் கீற்றணி 702
தளம் விட்டுக் காற்றில் பாயும் ஏவுகணை 437
தளம் விட்டுத் தளம் பாயும் ஏவுகணை 434
தள மட்டப் பலகம் 22
தள்ளுவிசைத் திசைக் கட்டுப்பாடு 460
தற்கால ஒலிப்பதிவு முறை 635
தற்கால ஓடுகள் 858
தற்சுழற்சி, உந்தம் உறவு 595
தற்சுழற்சிப் பரிமாற்றம் 784
தன் இனக் கலப்பு 614
தன் ஒவ்வாமை 664
தன்னிச்சையாக வாழும் ஒட்டுண்ணி 522
தன்னிச்சையான மாசு 484
தனி ஆல்கஹால் 166
தனி எலெக்ட்ரான்களில் எதிர் காந்தவியல் 175
தனி எழுத்து அச்சு எந்திரம் 236
தனித்த ஏற்றுப்பொறி இயக்கம்-பாஷ் ஏற்றுப்பொறி 289
தனித்தாள் ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை 233
தனிப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் 183
தனிப்பட்ட ஒற்றி 820
தனிப்பட்ட மின்னாக்கி 572
தனிப்படுத்தல் 489
காய்ச்சி வடித்தல் 492
துளைக் கூம்புச் செயல் முறை 491
பகுப்பில் பயன்படும் பண்பு 489
மின்காந்தத் தனிப்படுத்தல் 490
மின்பகுப்பு முறை 492
மைய விலக்கு முறை 491
லேசர் ஒளி வேதியியல் முறை 493
வளிம ஊடுருவல் முறை 490
வெப்ப ஊடுருவல் முறை 490
வேதிப் பரிமாற்ற முறை 491
தனிமப் பொருள் 16
தாங்கி 601
தாமத வகை ஒவ்வாமை 665
தாவரங்களில் ஒளிவிளைவு 685
குறு பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
சம பொழுதுத் தாவரம் 686
மிகு பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
தாழ்ந்த எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு 386
தாழ்நிலை அணு 783
தாள்நாடா 722
தானாகக் குவிதலும் குவிய நீக்கமும் 770
திசைச் சார்புக் காரணி 657
திசை வேக அளவீடு 650
திட்பக் காட்சி 804
திண்ம எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை 443
திண்மங்களில் ஒலி உட்கவர்பு 629
திண்மங்களில் ஒளிபரவல் 624
திண்ம நிலை உந்து எரிபொருள்கள் 443
திண்ம நிலைக் கரியூட்டல் 9
திண்ம நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் ஒப்பீடு 454
திண்ம, நீர்மப் பொருள் 279
திண்மப்பொருள் 294
திணிப்பு அதிர்வு 620
திருத்திய ஜோதி விதைக்கும் கருவி அல்லது கோவை விதைக்கும் கருவி 245
திமிங்கிலங்களை அறிதல் 202
தீச்சுடர் தொடர் முறை 12
தீச்சுடர் மூலம் கடினப்படுத்தல் 11
சுழல் முறை 12
தொடர் சுழல் முறை 12
தொடர் முறை 12
நிலையான முறை 12
தீப்பாதுகாப்பு 5
துகள் எதிர்த்துகள் அழிவு 179
துகளின் திசைவேகமும் அலையின் திசைவேகமும் 621
துகளுக்கும் எதிர்த்துகளுக்குமிடையே உள்ள பிற வேறுபாடுகள் 179
துணிப்பு வலிவூட்டி 20
துணிப்பு விசை முறுக்கு விசை வலியூட்டி 20
துணிப்பு வலிவூட்டி 20
பலகம் 21
முறுக்க வலிவூட்டிகளின் பரவல் 20
துணை அலகு உற்பத்தி 769
துணைக் காந்த முனைகளைப் பயன்படுத்துதல் 582
துணைக் குவாண்டம் எண் 350
துணை நிலைக் கொள்கை 643

துருத்துப் பலகம் 23
துலக்கி 737
துளைக் கூம்புச் செயல்முறை 491
தூண்களில் குறுக்கு வலிவூட்டி 22
தூண்களில் நெடுக்கை வலிவூட்டி 21
தூண்டல் வகை மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் முறை 581
தூண்டிகளும் நச்சுகளும் 786
தூண்டு மின்னோடி போலத் தொடங்குதல் 583
தூண்டு மின்னோடியைக் கொண்டு தொடங்குதல் 583
தூரப்பார்வை 781
தென்னிந்திய இனம்
ஐசோசியேசியில் 516
ஓனக்ரேசியில் 837
தென்னைக் குடும்பம் 615
தொட்டி ஒட்டு வாழ் தாவரம் 529
தொடர் எதிர் வினைப்பி 196
தொடர் எரிதல் 279
தொடர் காந்த எதிர்ப்பு 180
தொடர் சுழல் முறை 12
தொடர்ந்து ஊட்டும் மறுதோன்றி முறை 234
தொடர் நிலை அமைப்பு வகை 887
தொடர் நிலை மாலை-சிவப்பு நிறமாலை 52
தொழில் நுட்பங்கள் எந்திரக் கலப்பையின் 215
தொன்மை ஓடுகள் 857
தோண்டு கிணற்றில் திசைக் கட்டுப்பாடு 148
தோல்களை நிரப்பும் தன்மைக் கொண்டிருத்தல் 592
தோல் தடிப்பு நிலை 276
தோலாடைகள் 877
தோற்றப் பொலிவுப் பரிமாணம் 796
தோற்றம்
எப்சிலான் துகளின் 258
ஒலியின் 618
ஒலியியல் வானியலின் 777
ஓட்ஸின் 853
ஓமத்தின் 891
நச்சுத்தன்மை
எட்டிக்காயின் 93
எருக்கின் 305
நச்சுப் புகை மூலம் எலிகளைக் கொல்லுதல் 330
நாடாப் பதிவுக் கருவியின் உறுப்புகளும் பகுதிகளும் ஒலிப்பதிவு முறையும் 635
நடை முறைக் கருவி 791
நடை முறையில் தோல்களை ஒப்பனை செய்தல் 592
நவரத்தின மதிப்பில்லாத பிற ஒப்பல் 882
நாடா ஒலிப்பதிவு 635
நாடா ஒலி வாங்கி 958, 662
நாற்று நடும் கருவி 247
நான்கு கண் ஒப்போசம் 603
நியூட்டன் கணிப்பு வழி 124
நியூட்டன்-கிரிகோரி இடை மதிப்புக் காணும் வாய்பாடு 126
நியூட்டன்-கிரிகோரி பின்முக வாய்பாடு 126
நியூட்ரான் கூடுதலான அணுக்கரு 599
நியூட்டன்-கோட்ஸ் வாய்பாடு 123
நியூட்டன்-பெஸ்ஸல் வாய்பாடு 126
நியூட்டன்-லாப்லாஸ் வாய்பாடு 623
நியூட்டன்-ஸ்டெர்லின் வாய்பாடு 126
நிர்ணயக் கெழு 535
நிரலியல் 280
நிலக்கடலைத் தோல் உரிக்கும் எந்திரம் 250
நிலக்கடலைப் பறிக்கும் எந்திரம் 250
நிலத்தூண்களின் மேல் தலை 26
நிலத்தூண் அடிமானம் 26
நில நடுக்க அலை 811
நிலம் விட்டு நீரடி பாயும் ஏவுகணை 441
நிலைப்பான் 450
நிலை மின்னியல் ஒலிபெருக்கி 647
நிலையலை 623
நிலையலைத்தகைவு 624
நிலையில்லா வகை ஒட்டுண்ணிகள் 191
நிற எஸ்.யூ-2 834
நிறப்பிரிகைத் திறன் 737
நிறப்பிறழ்ச்சி 802
நிறம் நீக்கி 850
நிறமாலை அளவியைச் செம்மைப்படுத்தல் 52
நிறமாலை ஒளித்திறமை 711
நிறமாலைச் சிறப்பியல்பு 793
நிறமாலை மறுதலிப்பு 748
நிறமாலை வரைவி 778
நிறை ஆற்றல் தொடர்பு 672
நிறை எண் 112
நின்றொளிர்தல் 684
நின்றொளிர்வு 785
நீடு வாழ் ஒருறுப்பித் தற்சுழற்சி 907
நீண்ட தொலைவு ஏவுகணை 431
நீர் அலை 812
நீர்ச் சூழ்நிலை அமைப்பு 859
நீர்த் தடை 146
நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை 452
நீர்ம உந்து எரிபொருளால் குளிர்வித்தல் 461
குளிர்விக்கப்படாக் கலன் 462
நிலை ஆய்வு 462
மென்படலக் குளிர்விப்பு 461
வியர்வைக் குளிர்விப்பு 461
நீர்மங்களில் இளைப்பாறல் முறை 629
நீர்மங்களுக்கு ஆய்வு மதிப்பு 628

நீர்ம நிலை உந்து எரிபொருள் 451
பகுதி மிகு குளிர்பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
மிகு குளிர்பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
நீர்மப் பொருள் 294
நீர்மமாக்சப்பட்ட வளிமம் 293
நீர் வாழ் ஒப்போசம் 603
நீரக வளிமம் 293
நீரடி ஒலி வாங்கி 660
நீரடியிலிருந்து நீருக்குள்ளே பாயும் ஏவுகணை 441
நீரடி விட்டு நிலம் பாயும் ஏவுகணை 441
நீரியச் சுழலி ஆற்றல் 194
நீரில் ஒளி ஊடுருவல் 860
நீரில் கரைந்துள்ள உப்புகள் 860
நீரில் கரைந்துள்ள வளிமங்கள் 860
நீருக்கடியில் பயன்படும் படக்கருவி 718
நுண்ணலை எதிர்ப்பலிப்பளவி 203
நெகிழ் நிலைச் சுருள் வில் 219
நெடும் பகல் தாவரம் 678
நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம் 247
நேர் அதிர்வு 207
நேர் திருப்புமை வலிவூட்டி 19
நேர் போக்கு மாற்றம் 904
நேரிடை எக்ஸ் கதிர்க் கிளர்ச்சி முறை 67
நேரியல் சமன்பாடுகளின் தீர்வு 125
நைக்கல் முப்பட்டகம் 776
நைட்ரஜன் ஊட்டல் 11
நோய்
எருமையில் 310
எல்மில் 322
எலும்பழிவில் 335
எலுமிச்சையில் 346
ஏலத்தில் 430
ஓட்ஸில் 854
நோய் பரவல்
எக்கைனோகாக்கஸ் 57
எரிசிபிலஸ் 276
ப்ரான்கோபர் ஒளிக்கோட்டம் 700
ப்ரெனல் ஒளிக்கோட்டம் 703
ப்ரெனலின் அரை அலைவு நேர மண்டலம் 703
பக்க இணைப்பு வகை 888
பக்க இணைப்பு வேலை செய்யும் முறை 888
பக்கக் காந்த எதிர்ப்பு 180
பக்கப்பகுதி வலிவூட்டி 20
பக்கவாதத்துடன் கூடிய ஒற்றைத் தலைவலி 829
பகல் சாராத் தாவரம் 679
பகா எண் 108
பகா எண் காணும் முறை 111
பகுதி ஒட்டுண்ணி 522
பகுதி மிகு குளிர் பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
பகுதிறன் 737
பகுப்பாய்வு
ஐசோபெரினாய்டின் 497
பட்டகம் 824
படக்கருவிகளின் வகை 715
உடனடிப்படம் தரும் ஒளிப்படக் கருவி 717
எதிர் ஒளிப்படக் கருவி 716
காட்சி ஒளிப்படக் கருவி 717
சலனப்படக்கருவி 719
செய்தித்தாள் ஒளிப்படக் கருவி 717
செய்முறைப் படக்கருவி 718
துணைக்கருவி 719
நீருக்கடியில் பயன்படும் படக்கருவி 718
மடக்கும் ஒளிப்படக்கருவி 716
மிக நுண்ணிய படக்கருவி 718
வானத்தில் படமெடுக்க உதவும் கருவி 718
ஸ்டிரியோ ஒளிப்படக் கருவி 718
35 மி.மீ. ஒளிப்படக் கருவி 716
படமெடுத்தல் 713
குவியச் செய்தல் 714
புலத்தின் ஆழம் 714
படிக அச்சு 824
படிகக் கட்டமைப்பு விளைவு 356
படிகக் கட்டுமானப் பகுப்பாய்வு 75
படிகக் கீற்றணியும் பிராக் விதியும் 49
படிகப் பதிவு செய்யும் முறை 75
படிக மற்றும் சுடுமண் ஒலி வாங்கி 661
படிக மின்கலம் 682
பண்பு
எக்ஸ் கதிரின் 43
எதிரிணைய அலைகளின் 689
எப்சிலான் துகளின் 258
பதனிடுதல் 430
பதின்மான முறை 161
பயன்
அயனி கனத்தாக்கு நிகழ்ச்சியின் 356
எக்ஸ் கதிர் கோட்ட விளிம்பு வளைவின் 61
எக்ஸ் கதிரின் 48
எண்ணெய் எரிப்பியின் 136
எத்திலீனின் 166
எதிரிணயை அலைகளின் 689,691
எதிர் மின் கதிரின் 186
எந்திரச் சுருள் வில்லின் 218
எருக்கின் 305
எருமைப்புல்லின் 316
எலும்பு மண்டலத்தின் 345
எலெக்ட்ரான் இணைகாந்த ஒத்திசைவின் 358
எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் அளவீடுகளின் 362
எள்ளின் 398
என்ஸ்டடைட்டின் 416
ஏலத்தின் 430
ஐசோடோப்பின் 489
ஐந்து காயப்பூவின் 508

ஒத்ததிர்வு அயனியாக்க நிறமாலையியலின் 557
ஒத்திணைக்க முடுக்கி, மாறுகாந்தப் புலத்தின் 566
ஒத்திசைவின் 558
ஒப்பளவியின் 590
ஒலி ஒளியியலின் 630
ஒலிஃபின் இழையின் 646
ஒலி மூலங்களின் 617
ஒளி உணர் பொருளின் 684
ஒளிச்சேர்க்கையின் 710
ஒளித்துடிப்பின் 712
ஒலிபுற ஊதாக்கதிர் நிறமாலையியலின் 738
ஒளி மிகைப்பியின் 747
ஒளியியல் இழையின் 758
ஒளி வளைவின் 806
ஒக் மரத்தின் 845
ஓசோனின் 850
ஓசோனாற் பகுப்பின் 851
ஓட்ஸின் 854
ஓம் விதியின் 890
ஓமத்தின் 892
ஓரகத் தொடர் அமைப்பின் 897
ஓரிதழ்த் தாமரையின் 900
பயிரிடும் முறை
எண்ணெய்ப்பனையை 141
எலுமிச்சையை 348
ஐந்து காயப்பூவை 507
பரப்பப்பட்ட அமைப்பு 546
பரப்புகாண் வாய்பாடு 120
பரவல்
எரித்ரைட்டின் 277
ஒளிர்மீனின் 795
பருத்திவிதைப் பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம் 253
பல்லுறுப்பிப் பாய்மங்கள் 144
பல்லுறுப்புப் பசைக்கோவை 448
பல் வாய்பாடு
ஒற்றைக்குளம்பியின் 820
பலகம் 19, 21
பலமுனைக் கருவி 214
பலமுனை வெட்டுக்கருவி 212
பழுப்புநிற எலி 326
பாக்டீரியாவும் ஒளிச்சேர்க்கையும் 709
பாகுத்தன்மை 627
பாகுத்தன்மை ஒடுக்கம் 543
பாசிட்ரான் 349
பாபினட் சீராக்கி 777
பாமரோசா எண்ணெய் 139
பாய்மங்களின் உட்கவர்பினை அளத்தல்
எந்திரமுறையில் 628
ஒளியியல்முறையில் 628
மின்முறையில் 628
வெப்பமுறையில் 628
பார்டர்சன் வரைபடம் 76
பார்வையின் வேதியியல் 780
பாரம்பரியக் காரணிகள் 168
பாரிஜாதம் 393
பால்கறக்கும் எந்திரம் 240
பால்மம் 720
பால்ம மேற்பூச்சு 719
பாலிங் அளவீடு 360
பாலிடெர்ப்பீன் 503
பாலிலா இனப்பெருக்கம் 414
பாலின் சத்து 310
பாலைக் குளிர்விக்கும் எந்திரம் 240
பாலைத் தூய்மைப்படுத்தும் கருவி 241
பாலைப்பொறி வைத்தல் 329
ஃபிஷர்-ஸ்ட்ரோப்ஸ்ச் முறை 165
பி.என். ஒளிடையோடு 749
பி.ஐ.என். ஒளி டையோடு 749
பிக்டேட்-காம்ஸ் திருத்திய முறை 486
பிரதிபலித்த அயனிகள் 355
பிரதிபலித்த எலெக்ட்ரான் 354
பிராக் எக்ஸ்கதிர் நிறமாலை அளவி 50
பிராக் விதி 60
பிராடி ஓசோனாக்கி 848
பிரிகை
ஒலி மூலங்களின் 625
பிரிதிறன் 762
பிற ஒலிமூலம் 621
பிறந்த கன்றைப் பேணும் முறை 313
ஒளிவிலகலின் 811
பின்னொளிர்வு 785
பிஷ்லர்-நேபிரால்ஸ்கி தொகுப்பு 486
பீட்டாட்ரான் 43
பீரங்கி எதிர் ஏவுகணை 441
புடக்குகை 102
புதைபடிவு எரிபொருள் 290
புரதப் பொருள்களைக் கொண்டு பளபளப்பூட்டும் தோல் ஒப்பனை 592
புரோட்டன் ஒத்திணைக்கமுடுக்கி 564
புல் எண்ணெய் 139
எலுமிச்சைப்புல் எண்ணெய் 139
பாமரோசா எண்ணெய் 139
சிட்ரோனெல்லா எண்ணெய் 139
வெட்டிவேர் எண்ணெய் 139
புல்லி
ஓதிய மரத்தின் 584
ஓனக்ரேசியின் 838
ஓரிதழ்த்தாமரையின் 899
ஓலியேசியின் 910
புல்லிவட்டம்
எட்டிக்காயின் 91
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 303

எல்மின் 321
ஐசோசியேசியின் 515
ஏழிலைப்பாலையின் 469
ஓமத்தின் 892
புலத்தின் ஆழம் 714
புவிக்கடியில் கொள்கலன் 150
புவியியல் ஆய்வு 466, 627
புழக்கத்தில் உள்ள விதைப்புக் கருவி 245
ஏழுவரிசை உழுவுந்து விதைப்புக் கருவி 245
ஒரு வரிசை விதைக்கும் கருவி 243
காற்றழுத்த விதைப்புக் கருவி 247
திருத்திய ஜோதி விதைக்கும் கருவி அல்லது கோவை விதைக்கும் கருவி 245
மாடிழுக்கும் உமிழ்குப்பி விதைக்கருவி 244
புழுக்குதல் 102
புழுதி விதைப்பு 606
புழுநீக்கம் செய்தல் 608
புற ஊதா அகச்சிவப்புக் கதிர்களுக்கான பொருள் 774
புற ஒளியின் விளைவு 673
புறச்சமம் 765, 813
புறத்தோற்றம்
எண்டோப்பிளாச வலையின் 128
ஒனைக்கோஃபோராவின் 841
ஓட்சின் 852
புன்சனின் கிரீஸ்புள்ளி ஒளி அளவி 676
ஃபூரியர் எலெக்ட்ரான்-அடர்த்தி வரைபடம் 77
பூசணிக் குடும்பத்தில் ஒருபால் நிலை 615
பூட்டமைவு 224
பூமருது 392
ஃபெர்மாட்டின் தேற்றம் 114
ஃபெர்ரோ காந்த ஏற்பு 471
ஃபோர்சீதியா 910
பெட்ரோல் 290
பெடிசெல்லினா 130
பெரிய எலுமிச்சை 348
பெருக்கல் 110
பெருக்கல் முறை 118
பெருமயில் கொன்றை 392
பெருமுதலீட்டு ஓட்டு வீரியக்கோட்பாடு 530
பென்டோடு 370
பேச்சும் இசையும் 626
பேசும்படம் 637
பொதுப்பண்பு
எலோப்பிஃபாம்ஸின் 390
ஒண்முகிற்படலத்தின் 548
ஒலிஃபின் இழையின் 646
பொமரான்ஸ்-பிரிட்ஸ் தொகுப்பு 486
பொருத்தமான வரிசைத்தொடர் 902
பொருளாதாரச் சிறப்பு
எரிகேசியின் 375
எல்மின் 321
ஏழிலைப்பாலையின் 469
பொறிக்கல ஓடல்காட்டி 854
பொறியின் பகுதி 457
கனற்சி அறை 457
கூம்புக்குழல் 458
டி-லேவல் கூம்புக்குழல் 459
மணிவடிவக் கூம்புக்குழல் 459
தள்ளுவிசைத்திசைக்கட்டுப்பாடு 460
மாறுவிசை ஏவூர்திப்பொறி 460
வெப்பப்பரிமாற்றம் 461
போட்டி முறை எதிர்வாழ்வு 192
மக்காச்சோளக் கதிர் அடிக்கும் எந்திரம் 249
மகரந்தச் சேர்க்கை
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 304
ஓரிதழ்த் தாமரையின் 900
மகரந்தத்தாள்
எட்டிக்காயின் 91
ஏலத்தின் 430
ஏழிலைப்பாலையின் 469
ஐந்து காயப்பூவின் 506
ஓக்மரத்தின் 844
ஓலியேசியின் 910
மகரந்தத்தாள் வட்டம்
ஐசோசியேசியின் 515
ஒனக்ரேசியின் 839
ஓமத்தின் 892
மஞ்சரி
எட்டிக்காயின் 91
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 303
எருமைப்புல்லின் 316
எல்மின் 320
ஏலத்தின் 429
ஏழிலைப்பாலையின் 469
ஐசோசியேசியின் 514
ஐந்து காயப் பூவின் 506
ஒதிய மரத்தின் 584
ஒனக்ரேசியின் 838
ஓமத்தின் 892
ஓலியேசியின் 910
மடக்கும் ஒலிப்படக் கருவி 716
மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி 574
மணி வடிவக் கூம்புக் குழல் 459
மயில் கொன்றை 393
மரபியல் காரணியில் மிகு ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாடு 530
மருங்கு உரசொலி 640
மருத்துவப் பயன்
எட்டிக்காயின் 93
எருக்கின் 305

மருத்துவம்
எட்டிக்காய் நச்சுக்கு 94
எப்பித்திலியோமாவுக்கு 260
எரிசிபிலஸ் நோய்க்கு 276
எலும்பிளக்கி நோய்க்கு 322
எலும்பு அழிவுக்கு 335
எலும்பு உடையாத தலை கழுத்துக் காயத்திற்கு 336
எஷ்செரிச்சியக் கோலைக்கு 416
ஒத்த ஒளி முறிவின்மைக்கு 553
ஒவ்வாமைக்கு 663
ஒற்றைத் தலைவலிக்கு 829
மருதானி 393
மருந்தியல் எதிர் இயக்கம் 167
மருந்து மூலம் எலிக் கட்டுப்படுத்தல் 329
மல்லிகை 392
மலர்
எட்டிக்காயின் 91
எரிகேசியின் 274
எருக்கின் 303
எலுமிச்சையின் 347
ஏலத்தின் 429
ஐசோசியேசியின் 514
ஐந்து காயப் பூவின் 506
ஒக் மரத்தின் 844
ஓமத்தின் 892
ஓரிதழ்த் தாமரையின் 899
ஓலியேசியின் 910
மலர் மரம்
அசோக மரம் 392
கப்பல் அலரி 392
சரக்கொன்றை 391
பூ மருது 392
பெரு மயில் கொன்றை 392
மந்தாரை 392
மறுதலிப்பு வேகம் 749
மறுதோன்றிக் கல்லச்சு முறை எந்திரம் 233
மனோரஞ்சிதம் 392
மாடிக்கட்டு 22
மாடிமுக்கும் உமிழ் குப்பி விதைக் கருவி 244
மாதிரித் தனிமம் 353
மாய எண் 907
மாற்றொலி 639
மாறு அடர்த்தி முறை 637
மாறுநிலை அதிர்வெண் 751
மாறுபடு மாறு மின்புல ஒத்திணக்க முடுக்கி 567
மாறு பரப்பு முறை 637
மாறு மின் ஓட்ட மின் சுற்றுகளில் ஒத்திசைவு 558
மாறுவிசை ஏவூர்திப் பொறி 460
மிக நுண்ணியபடக்கருவி 718
மிகு குளிர் பதன நீர்ம எரிபொருள் 452
மிகு பகற்பொழுதுத் தாவரம் 686
மிகுவுணர்வுள்ளவை 181
மிகை ஒடுக்கம், மாறுநிலை ஒடுக்கம் 546
மிகைப்பி 589
மிதவைக்கலம் 270
மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றி 657
மின் ஒலி ஆற்றல் மாற்றியின் நேர் பண்பு 657
மின் கடத்துக் கம்பிப் பாதைகளும், வரையமைப்பும் 205
மின்காந்த அலைக் கொள்கை 670
மின்காந்தத் தனிப்படுத்தல் 490
மின் சாராமை 833
மின் தன்னொளிர்வு 710
மின் தூண்டல் உருக்குமுறை 8
மின் தூண்டல் மூலம் கடினப்படுத்தல் 12
மின்தேக்கி ஒலி வாங்கி 661
மின்தேக்கு ஒலிவாங்கி 657
மின்பகுப்பு முறை 491
மின் பதிவு முறை 635
மின் பாதைக் கம்பிகளில் அதிர்வு ஒடுக்கம் 545
மின்புல ஒளிர்தல் 684
மின்பொறி எரிபற்றும் பொறி 287
மின் முறை
எஃகு தயாரிப்பில் 8
பாய்மங்களின் உட்கவர்பினை அளத்தலில் 628
மின்னழுத்தக் சீராக்கல் 831
மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் முறை 581
மின்னியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை 589
மின்னியல் /மின்னணுவியல் ஒப்பளவி 589
மின்னூட்டம் 349
மின்னொளிர்வு 799
மினுமினுப்பு எண்ணி ஓடல் காட்டி 855
மீ.எடுலிஸ் 516
மீப்பெருகிடை அச்சு எல்லை 403
மீவொட்டுண்ணி வகை 192
முதல் ஏவுகணை 431
முதல் தர ஒற்றைத் தலைவலி 817
முதன்மை எதிர்ப்பாற்றல் 182
முதன்மைப் பிறழ்ச்சி 302
முதுகெலும்புள்ள விலங்கின கணுக்காலிகளின் கூட்டுக்கண் ஒற்றுமை வேற்றுமை 781
முதுகுத்தண்டு 327
முப்பரிமாணப்பட சோனார் 632
முப்பரிமாண மாற்றியம் 813
முர்ரா 311
முழுமையான ஒட்டுண்ணி 522
முறுக்கப்பட்ட கம்பிகள் 14
முறுக்க வலிவூட்டிகளின் பரவல் 20
முன் ஒட்டு வாழ் தாவரம் 529
முன் தகைவுறு கற்காரைக்கான மிகு இழு வலிமை
முன் எஃகு உருட்டுக்கம்பி 14

ஆரத்தகைவு 14
உருமாற்றம் 15
கம்பியின் அளவு 15
தனிமப் பொருள் 16
முறுக்கப்பட்ட கம்பிகள் 14
முன்னேறும் அலை 621
முனைவுடை ஒளி 755, 761, 812
மூக்கு வழியாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றி 820
மூக்கைத் தூண்டிச் செலுத்தப்பட வேண்டிய ஒற்றி 820
மூடி கொண்ட திருகுமரை 223
மூலக்கூறு எண் 515
மூன்றாம் வரிசை இடை வினை 769
மெகலாப்ஸ் அட்லாண்டிகஸ் 391
மெகலாப்ஸ் சைப்ரினாயிட்ஸ் 391
மெய்யென் 107
மெழுகுத் திறன் 729
மென் படலக் குளிர்விப்பு 461
மேகசானா 312
மேம்பட்ட சூரியத் துணுக்கு 739
மைய விலக்கு முறை 491
மைய விலக்கு விசை எக்கி 34
மொல்லுகோ மெர்டிசிலேடா 515
மோதலிடைத் தொலைவு 187
மோனோ டெர்ப்பீன் 500
மோனோ டெல்ஃபிஸ் டொமெஸ்டிக்கா 604
மோஸ்லே விதி 47,54
யூகலிப்டஸ் குளோபலஸ் 140
ரிக்கட்ஸ் 337
ரீமனின் தேற்றம் 905
ரெசின் கொண்டு தோல்களை ஒப்பனை செய்தல் 593
ரைனோசிரோஸ் 822
ரைனோசெராட்டிடே 822
செரட்டோதீரியம் 822
டைசீரோஸ் 822
டையரோரைனஸ் 824
ரைனோசிரோஸ் 822
ரோடோடெண்ராய்டி 275
ரோடோடெண்ட்ரான் 275
லம்மர்ஃப்ரோடன் ஒளி அளவி 676
லாக்குனார் பெட்டகம் 340
லாக்கோசோமா 130
லாம்பர்ட் எதிர்விகித இருமடி விதி 674
லாம்பர்ட் கொசைன் விதி 674
லாவே புள்ளிக் கோலம் 45,49
லாவே புள்ளியின் தோற்றம் 50
லாவே முறை 61
லீ இயற்கணிதங்களின் இணை ஓரியல்புக் கோட்பாடு 902
லேசர் ஒளி வேதியியல் முறை 493
வகை
எருமையின் 311
எந்திர அதிர்வின் 207
ஒண்முகிற்படலத்தின் 548
ஒருங்கிணைந்த களைப் பராமரிப்பின் 605
ஒப்பளவியின் 589
ஒலி ஒலியியல் விளைவின் 630
ஒலிபெருக்கியின் 641
ஒலிவாங்கியின் 662
நன்னீர்ச் சூழ்நிலையின் 861
பால் பண்ணை எந்திரத்தின் 240
வகைப்பாடு
எரிகேசியின் 275
எல்மின் 321
ஏலத்தின் 427
ஐசோபெரினாய்டின் 498
ஐசோயேசியின் 515
ஓக்மரத்தின் 844
ஓடோனேட்டாவின் 868
ஓமத்தின் 892
ஓர்புழைப்பாலூட்டிகளின் 895
ஓலியேசியின் 910
வகைக்கெழுச் சமன்பாடு 125
வகுஎண் கோட்பாடு 110
வகுத்தல் முறை 119
வட்ட ஈரொளிப்பிறழ்வு 815
வட்டுகளும் நாடக்களும் 722
வடித்தல் 102
வண்ணத்திருப்பல் ஒளிப்படம் 729
வண்ணப்படம் 727
வண்ணப்பார்வை 781
வரம்புமதிப்புக் கணக்கு125
வரலாறு
ஒளிச்சேர்க்கையின் 708
ஒனைக்கோஃபோராவின் 841
வரி உருளை அமைப்பு 242
வலிவூட்டிகளின் சிறும இடைவெளி 19
வளரியல்பு
எட்டிக்காயின் 91
எரிகேசியின் 272
எருக்கின் 303
எல்மின் 320
எலுமிச்சையின் 346
ஏலத்தின் 429
ஏழிலைப்பாலையின் 467
ஐந்துகாயப்பூவின் 506
ஒனக்ரேசியின் 837
ஓமத்தின் 892
ஓரிதழ்த்தாமரையின் 899
ஓலியேசியின் 990
வளிம ஊடுருவல் முறை 490
வுளிம ஒப்பளவி 590
வளிமக்குழாய் முறை 41

வளிமங்கள் 279
வளிமங்களில் மூலக்கூறுகளின் இளைப்பாறல் 618
வளி மண்டலத்தில் ஒளி விலகல் 810
வளிமத் தனிமம் 353
வளிமத்தில் மின்னோட்டம் 790
வளிமநிலைக் கரியூட்டல் 20
வளைகளைத் தோண்டி அழித்தல் 329
வளைமூடித் திருகுமரை 224
வளைய வடிவத் திருகுமறை 224
வளையும் தன்மை பெற்றிருத்தல் 592
வார்ப்பு முறை 447
வார்ப்பு முறை எரிபொருள் தயாரிப்பு 443
வாழ்க்கைச் சுற்று
  எண்டிரோமார்ஃபாவின் 415
  ஓடோனேட்டாவின் 869
வான் ஒளிப்பட இயல் 720
வான் ஒளிப்படங்களின் விளக்கம் 720
வான் ஒளிப்படமெடுத்தல் 720
வானத்தில் படமெடுக்க உதவும் கருவி 718
விகிதமுறா எண் 108
விகிதமுறா மூலம் 108
விகிதமுறு எண் 108
விண் கற்கள் 300
விண்வெளியிலிருந்து ஆய்வு 779
விதை
  எட்டிக்காயின் 92
  எருக்கின் 304
  ஏலத்தின் 430
  ஐசோசியேசியின் 516
  ஓனக்ரேசியின் 840
  ஓரிதழ்த் தாமரையின் 900
  ஓலியேசியின் 910
விதைக்கும் எந்திரத்தில் விதையிடும் அமைப்பு 242
விதைக்கும் எந்திர விதைப்பெட்டிகள் 242
விதைக்கும் கருவியின் பணி 241
விமானத்திலிருந்து ஒளிப்படம் எடுத்தல் 803
வியர்வைக்குளிர்விப்பு 461
வில்சன் தேற்றம் 114
விலங்கு இருப்பிடங்களை அறிதல் 201
விலங்குகளில் ஒளி விளைவு 686
விலகு எண் 801
விளிம்பு விளைவு 73
விளைச்சல்
  ஏலத்தின் 43
  ஐந்துகாயப் பூவின் 508
விளைவு ஆய்வு
  சுழலும் படிகமுறை 61
  தூள் அல்லது பொடிமுறை 61
  லாலே முறை 61
  விளைவு எலெக்ட்ரான் வெளியேற்றம் 353
வினையூக்கி 449
வினை வழிமுறை 851
வீச்சு அளவிடும் கருவி 208
வீச்சு எல்லை 403
வீட்டு எலி 326
வீரியமற்ற எதிர்ப்பாற்றல் 183
வீழ்படிவாக்கல் 101
வெங்காயம் 91
வெட்டி நீக்குதற்கான எந்திரங்கள் 212
வெட்டிவேர் எண்ணெய் 139
வெட்டுநீர்மம் 212
வெட்டும் கருவி 210, 214
வெட்டு வேகமும் வெட்டளவும் 212
வெடிப்பு அலை 656
வெடில் விதி 122
வெப்ப இயக்கவியல் பண்பு 583
வெப்ப ஊடுருவல் முறை 490
வெப்பக்கடத்தல் 628
வெப்பக்கதிர்வீசல் 628
வெப்பத்தால் இளகுவன 440
வெப்பத்தால் இறுகுவன 449
வெப்பத்தால் உடைக்கப்படும் பொருள் 296
வெப்பநிலை 877
வெப்பப்பரிமாற்றம் 460
வெப்பமுறை 628
வெப்பமுறை நுட்பங்கள் 143
வெர்ஜினியா ஒப்போசம் 602
வெள்ளெருக்கு 305
வெள்ளைவால் மரஎலி 327
வெளிக்கட்டுப்படுத்தி 271
வெளியீட்டுத்திறன் 657
வேக அளவீட்டு நுட்பம் 283
வேகம் மிகுந்த நீரோட்டங்களின் சூழ்நிலை அமைப்பு 862
வேகம், வேகப்பெருக்கத்தை அளவிடும் கருவி 209
வேதி ஒளிர்வு 798
வேதிப்பண்பு
  ஒலிஃபின் இழையின் 645
  ஓசோனின் 849
வேதியியல் காரணி 878
வேதிப்பரிமாற்றமுறை 491
வேதியியல் தன்னொளிர்வு 710
ஜாலியின் ஒளி அளவி 676
ஜெர்பில்லி எலி 327
ஜெரானியம் 140
ஸ்டெர்லிங் வாய்பாடு 123
ஸ்டாக்பிரிட்ஜ் ஒடுக்கல் கருவி 545
ஸ்டாக்-ஐன்ஸ்ட்டீன் விதி 817
ஸ்டீரியோ ஒளிபடக் கருவி 718
ஸ்லெம்போசர் காட்டி 137
உறிப்போடைக்ரிஸ் 821
ஹேமில்டோனியன் செயல் முக்கியத்துவம் 480
ஹேர் கருவி 586

கலைச்சொற்கள்

(தமிழ் - ஆங்கிலம்)

அக ஒட்டுண்ணி - endoparasite
அகக் கேளா ஒலி - infrasonic
அகச்சட்டகம் - endoskeleton
அகச் சமனம் - internal compensation
அகச்சிவப்பு - infra red
அகச்சிவப்புக் கதிர் - infra red ray
அகச்சிவப்புப் பகுதி - infra red region
அகச்சூல் அமைவு - axile placentation
அகத்தடை - internal resistance
அகப்பிளாசம் - endoplasm
அகப்பிளாச வலைப் பின்னல் - endoplasmic reticulum
அகலாங்கு - latitude
அங்கவடி எலும்பு - stapes
அச்சு - die, axis
அச்சுக் கட்டமைப்பு - axial structure
அச்சுச் சுழற்சி - axial rotation
அச்சுத்தண்டு - shaft
அச்சுப் பலகை - template
அச்சு மைய - axial
அச்சொட்டு - axile
அசுவினிப்பூச்சி - aphid
அசைலேற்றம் - acylation
அடர் - concentrated
அடர் அசெட்டின் அமிலம் - glacial acetic acid
அடர்த்தி - density
அடர்த்தி வெளி - compact space
அடர்வு, செறிவு - concentration
அடி இணைவடிவப்பக்கம் - basal pinacoid
அடிச்சட்டம் - cradle
அடித்தட்டு - basal plate
அடித்தளம் - basement
அடிப்படை அல்லது முதன்மைக் குவாண்டம் எண் - principal quantum number
அடிப்படைச் செயல்முறை - fundamental operation
அடிப்படைத்துகள் - elementary particle, fundamental particle
அடிப்பாக குவார்க் - bottom quark
அடிமட்ட நிலை, கீழ்மட்டநிலை, தாழ் ஆற்றல் நிலை - ground state
அடுக்கு (கணிதம்) - power
அடுக்கு ஏணி - extension ladder
அடுக்குக்குறி - exponential
அடுக்குக்குறிச் சார்பு - exponential function
அடுக்கேற்றம் - raising numbers to powers

அடைகாக்கும் பை - brood pouch
அண்ட அகலாங்கு - galactic latitude
அண்ட ஒண்முகிற் படலங்கள் - galactic nebulae
அண்டக் கதிர்கள் - cosmic rays
அண்டகம் - ovary
அண்டங்கள், அண்டவெளி - galaxies
அண்டநாளம் - oviduct
சினை அண்டம் - ovum
அண்ணீரக அகணி - adrenal medulla
அண்ணீரகப் புறணி - adrenal cortex
அணிக்கோவை - lattice, determinant
அணிக்கோவை மாற்றம் - superlattice transition
அணிக்கோவை-வளிம மாதிரி - lattice gas model
அணி ஐகன்மதிப்புக் கணக்கு - matrix eigen value problem
அணு அச்சுத் தொலைவுகள் - atomic co-ordinates
அணு ஆற்றல் - atomic energy
அணு எடை - atomic weight
அணு எண் - atomic number
அணுக்கருப் பிணைப்பு - nuclear fusion
அணுக்கருப் பிளப்பு வினை - fission reaction
அணுக்கருப் பிளவு - nuclear fission
அணுக்கருக்கள் - nucleophilic
அணுகாந்தத் திருப்புத்திறன் - atomic magneticmoment
அணுச்சிதறல் காரணி - atomic scattering factor
அணுத்தெறிப்பு - sputtering
அணுத்தெறிப்பு சமப்படுத்தல் - ion milling
அணு நிலை ஆக்சிஜன் - nascent oxygen
அணுவாக்கும் கருவி - atomizing gun
அணுவிடைத் திசையங்கள் - inter-atomic vectors
அணைவுச் சேர்மம் - co-ordination compound, complex compound
அணைவுறை இயற்கணிதம் - enveloping algebra
அதமப்பொது மடங்கு - least common multiple
அதி குளிர்பதனம் - cryogenic
அதி நீள்வட்டத் தொகைகள் - hyper elliptic integrals
அதியியல் எண் - transcendental number
அதிர்ச்சி அலை - shock wave
அதிர்வு - vibration
அதிர்வு வளைவு - vibration curve
அதிர்வுறுத்து விசை - driving force

அதிர்வெண் - frequency
அதிர்வெண் பட்டை - frequency band
அதிர்வெண் பண்பேற்றம் - frequency modulation
அப்ளநாட்டிக் கோளங்கள் - aplanatic spheres
அபீலியன் வகையினம் - abelian category
அமில எரிமலைக்குழம்பு - acidic lava
அமில-கார முறித்தல் அல்லது நடுநிலையாக்கவினை- acid-base titration
அமிலம் - acid
அமில மாறிலி - acid constant
அமிழ்கோணம் - dip
அமிழ்ந்த இலைத்துளை - sunken stomata
அமீனேற்றம் - amination
அமுக்குவிசை - compression
அமைப்பு மாற்றம் - mapping
அமைப்புவசம் - configuration
அமைவு - system
அயக்காந்தத்தன்மை - ferromagnetic
அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை - cross pollination
அயனமண்டலம் - ionosphere
அயனி - ion
அயனி ஒளிர்வு - ionluminescence
அயனிக்கலம் - ionisation chamber
அயனிப்பரிமாற்றம் - ion exchange
அயனியாக்கத் தொடர்பு - ionisation continum
அயனியாக்க ஆற்றல் அல்லது அயனியாக்க மின்னழுத்தம் - ionisation potential
அரங்கம் - domain
அரச எறும்பு - aner
அரசி எறும்பு - gyne
அரம் போன்ற - filiform
அரிதில் கடத்திகள் - insulators
அரும்பு - papilla
அருமண் - rare earth
அரை உருவ வகை - hemimorphic class
அரைச்சாந்து - plaster
அரைவாழ்நேரம் - half life
அல்க்கலாய்டு - alkaloid
அல்க்கைலேற்றம் - alkylation
அல்லியில்லாத்தன்மை - apetaly
அலகிடு கோடு - scanning line
அலகுகூறு - unit cell
அலகு கோணத் திரிபு - specific rotation
அலகு பட்டகம் - unit prism
அலகு வட்டம் - unit disk
அலை எண் - wave number
அலைக்குட்டி - wave let
அலைச் சார்பு - wave function
அலைத்தடுப்புச் சாதனம் - wave trap
அலைத் தொடர், தொடரகம் - continum
அலை மறிப்பு - wave impedance
அலை முகப்பு - wave front
அலையும் ஒழுங்குவரிசை - oscillating sequence
அலை வாங்கி, ஏற்பி - receiver
அலைவு - oscillation
அலைவு நேரம் - period of oscillation
அலைவு வகைப்பூட்டல் - mode locking
அலைவு விசை - periodic force
அழிவின்மை விதி - conservation law
அழிவு - annihilation
அழுக்கு நீக்கும் கரைசல் அல்லது மாசு நீக்கி - detergent
அழுகிய நசிவு நிலை - gangrene
அழுத்த எரிபற்றுப் பொறி - compression ignition engine
அழுத்தமின் - piezoelectric
அழுத்தி - compressor
அளவறி பகுப்பாய்வு - quantitative analysis
அளவிடப்பட்ட - calibrated
அளவீடு செய்யப்பட்ட - graduated
அளவுகோல், அளவீடு அல்லது செதில் - scale
அளவை முகப்பு - dial
அறஞ்சார்ந்த இயல் - moral science
அறமதிப்பு - ethical value
அறிவியலும் கண்காணா உலகமும் - science and the unseen world
அறுதி இழு வலிமை - ultimate tensile strength
அறுபதின்ம - sexagesimal
அறுவடை எறும்பு - harvesting ant
அரையாணி - rivet
அனிச்சைச் செயல் - reflex action
அனைத்துண்ணி - omnivorous
ஆக்கத்திசு - cambium
ஆக்சிகரணம் அல்லது ஆக்சிஜன் ஏற்றம் - oxidation
ஆக்சின் - auxin
ஆக்சிஜன் ஒடுக்கம், ஒடுக்க வினை - reduction
ஆக்சிஜன் ஒடுக்கி அல்லது இறக்கி - reductant
ஆக்சிஜனேற்ற ஒடுக்க வினை - redox reaction
ஆக்சிஜனேற்றி - oxidant
ஆடி - mirror
ஆடிப் பிம்பம், ஆடி எதிர்உருவம் - mirror image
ஆண்குறி - penis
ஆண்பாலினச்சுரப்பி - androgenic gland
ஆண்டு ஒளிப்பிறழ்ச்சி - annual aberration
ஆப்பு - wedge
ஆப்பு வடிவு - cuniform
ஆய்வி - analyser

ஆயல் புள்ளி - fulcrum
ஆயன் விண்மீன்குழு - bootes-constellation
ஆர்மிலரி கோளங்கள் - armillary spheres
ஆரச்சமச்சீர் - actinomorphy
ஆரத்தகைவு - proof stress
ஆரல் - coping
ஆரைவிசை - radial force
ஆரைத்திசைவேகம் - radial velocity
ஆவித்தடை - vapour lock
ஆவியாக்கிக் குளிர்வித்தல் அல்லது காய்ச்சி வடித்தல் - distillation
ஆவியாகும் தன்மை - volatility
ஆழ்கடலுயிரிகள் - benthos
ஆழமானி - fathometer
ஆளி - oyster
ஆளியக்கு - manual
ஆளுந்திறன் - competence
ஆற்றல் - energy
ஆற்றல் இடைவெளி - energy gap
ஆற்றல் தற்சிறப்பு மதிப்பு - energy eigen value
ஆற்றல் நுண்கட்டு - energy packet
ஆற்றல் மட்டம் - energy state
ஆற்றல் மாற்றம் - energy transfer
ஆற்றல் மாற்றி - transducer
ஆற்றல் முடுக்கி - accelerator
ஆன்றமேடா மண்டலம் - andromeda galaxy
இசைவு செய்தல் - tuning
இட்டு நிரப்பும் சமனி - complementary equalizer
இடஞ்சுழியான - laevo rotatory
இடப்பிரிதிறன் - space resolution
இடப்பெயர்ச்சி - locomotion
இடப்பெயர்ச்சி எக்கி - displacement pump
இடபம் - taurus
இடம் சார்ந்த குவாண்டப்படுத்துதல் - special quantisation
இடமதிப்பு - positional value
இடமாறுதோற்றக்கருவி - parallax-bar
இடமாறு தோற்றப்பிழை - parallax error
இடமாறு தோற்றம் - parallax
இடவலம்புரி நடுநிலையாக்கம் - racemisation
இடுக்கி - brace
இடுக்கிக்கால் - cheliped
இடைத்திரை - diaphragm
இடைநிலை ஓம்புயிரி - intermediate host
இடைப்பெயர்வு ஆற்றல் - transition energy
இடைப்பெயர்வுப் படலம் - transition layer
இடைப்பொருள் - intermediate
இடைமதிப்புக்காணல் - interpolation
இடையண்ண ஒலிகள் - opico domal
இடையறா ஒளி - continuous light
இடையிணைப்புத்தகடு - web plate
இடையீடு - interaction
இடையுயிர் ஊழி - mesozoic era
இடையுறும் பொருள் - interfering substance
இடையுறு வெளி - intermittent light
இடைவழி - gallery
இடை விறைப்பி - intermediate stiffener
இடைவெளி எண்மதிப்பு, எண்ணியல் துளையளவு - numerical aperture
இணக்கி, ஞெகிழ்விப்பி - plasticizer
இணை - pair
இணை ஒளிமறைக்கோணம் - parallel extinction
இணை ஓரியல்பு - cohomology
இணைகரம் - parallelogram
இணைகாந்தம் - paramagnet
இணைச் சங்கிலி கலப்பு - co-chain complex
இணைச்சுற்று - co-cycle
இணைச் சூலக இலைத்தன்மை - syncarpy
இணைத்தள விளைவு - parallel polarization
இணைத்துகள் - electron-position pair
இணைத்துடுப்பு - paired fin
இணைதிறன் - valency
இணைதிறன் எலெக்ட்ரான் - valence electron
இணைதிறன்பட்டை - valence band
இணைந்த அல்லித்தன்மை - gamopetaly
இணைந்த மார்பு - synthorax
இணைப்பி - binder, coupler
நுகம் அல்லது இணைப்புச்சட்டம் - yoke
இணைப்புத்திசு - connective tissue
இணைப்பு நீட்டுக் கம்பி - dowel bar
இணைப்புப்பாலம் - connecting link
இணைப்புமாற்றி - switch
இணைப்பொருமை - alignment
இணைமாறி சார்பன் - covariant functor
இணையா அல்லித்தன்மை - polypetaly
இணையாக்கி - collimator
இணையாச் சூலக இலைத்தன்மை - apocarpy
இணைவரம்பு - co boundary
இணைவாழ்வுமுறை - symbiosis
இதய உறை - pericardium
இதயக்கீழறை - ventricle
இதய மேலறை - auricle
இதழ்ப்பிதுக்கொலி - protruded labial
இதழொலிகள் - labials
இந்தியச் செந்தரச் சுவடி - Indian standard code
இமை உறுப்புத்தசை - ciliary muscle
இமைத்தல் முறை ஒளிமானி - flicker photometer
இயக்க ஆற்றல் - kinetic energy
இயக்க வரிப்பள்ளம் - ambulacral groove

இயங்கமைப்பு (வினைவழி) - mechanism
இயங்களவி - dynamometer
இயங்கு உறுப்பு, தனி உறுப்பு - free radical
இயங்கு சமநிலை மாற்றியம் - tauotomerism
இயங்குதிறம் - dynamical
இயந்திர கோண உந்தம் - mechanical angular momentum
இயல் எண்கள் - natural numbers
இயல் ஒத்திசைவு - natural response
இயல்பாற்றல், கட்டுறா ஆற்றல் - free energy
இயல்பு ஒப்பிணைமை - intrinsic parity
இயல்பு நீக்கப்பட்ட ஆல்கஹால் - denatured spirit
இயற்கணிதச் சமன்பாடு - algebraic equation
இயற்கணிதம் - algebra
இயற்பிய உலகின் தன்மை - nature of the physical world
இயோசின் யுகம் - eocene epoch
இரட்டிப்படைதல் - redoublement
இரட்டுறல் அச்சு - twin axis
இரட்டை எதிரொளிப்பு வில்லை - twin reflex lens
இரட்டை ஒளிவிலக்கம் - birefringence
இரட்டைக்கலப்பு - bicomplex or double complex
இரட்டைக்குழல் தொலை நோக்கிகள் - binoculars
இரட்டைக்கோளம் - biosphere
இரட்டைப் பிணைப்புச்சேர்மம் - olefin
இரட்டைமய - diploid
இரண்டன் முறை - binary system
இரண்டாம் அடுக்குச்சுர உருவாக்கம் - second harmonic generation
இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான் - secondary electron
இரத்த உறிஞ்சி - blood sucker
இரத்தப்புழு - blood worm
இராசி ஒளி - zodiacal light
இரு உலோகக் கலவை - binary alloys
இருகால்வாதம் - paraplegia
இருநிலை மின் அதிர்வான் - bistable multi vibration
இருபக்கச் சமச்சீர் - zygomorphy, bilateral symmetry
இருபக்க மடக்கைத்தாள் அல்லது லாகிரித்மிக் தாள் - double logarithmic paper
இருபகுப்புக் கணிப்புவழி - bisection algorithm
இருபடி - dimer
இருபுறக் குவி தகடுகள் - lenticular plates
இரும்பியல் காந்தம் - ferromagnet
இரும எண்ணி - binary counter
இரும விண்மீன் - binary star
இருமுனை - dipole
இருமுனைத் திருப்புதிறன், இருதுருவ இயக்கம் - dipolemoment
இருமுனையம் - diode
இருமூலக்கூறுசார் நீரிறக்கம் - bimolecular dehydratlon
இருமை - dual
இருவழி முனையாக்கக் கட்டுப்பாடு - biaxial pointing control
இருவாழ்விகள் - amphibia
இருள் எண்ணிக்கை - dark counts
இருள்மதி அல்லது அமாவாசை - new moon
இருள் மின்னோட்டம் - dark current
இருள் வேதிச் செயல் - dark reaction
இலக்க முறைக் கணிப்பொறி - digital computer
இலக்கமுறை மின்சுற்று - digital circuit
இலக்கு - position, target
இலை எண்ணெய் - leaf oil
இலைப்பரப்பு - blade
இலையுதிர் காலம் - autumn
இலையுதிர் வகை - deciduous
இலைவெட்டி எறும்பு - leaf cutter ant
இழுப்புக் குறியீடு - sweep signal
இழுவிசை - tension
இழை அதிர்வு அளவி, சுரமானி - sonometer
இழை முடிச்சு - sclerotium, conidia
இள முதுக்குறுதல் - neoteny
இளவுயிரி - larva
இளவேனிற்காலம் - spring
இறுத்து வடித்தல் அல்லது தெளிய வைத்தல் - decantation
இனப்பெருக்கச் சுழல் - breeding cycle
இனப்பெருக்கப் பறத்தல் - swarming
இனப்பெருக்கம் - reproduction
இனம் - species
ஈந்தணைவி - ligand
ஈரச்சு - biaxial
ஈரச்சுப் படிகம் - biaxial crystal
ஈரணு மூலக்கூறு - diatomic molecule
ஈரதிர்வுத் திசை நிறமாற்றம் - dichroism
ஈரம் ஈர்ப்புத் தன்மை - hygroscopicity
ஈரப்பலம் - wet strength
ஈரல் கட்டி - colonoscope
ஈரிணைய - secondary
ஈருறைப்பூக்கள் - dichlamydears flowers
ஈவு - quotient
உச்சரிப்பொலியியல் - articulatory phonetics
உச்சிகள் - vertices
உட்கலப்பு - subcomplex
உட்கவர் குணகம் - absorbtion coefficient
உட்கவர் கோடுகள் - absorbtion lines
உட்கவர்தல் - occulsion

உட்கவர் நிறமாலை - absorption spectrum
உட்கவரல் - absorption
உட்சுவாசம் - inspiration
உட்செலுத்தி - injector
உடற்குழி - coelom
உடன் உண்ணுதல், கூட்டு வாழ்க்கை - commensalism
உடன் கொல்லும் நச்சு - acute poison
உடன் தீப்பற்றும் - hypergolic
உடன்மாறுபாடு அல்லது இணைப்பரவற்படி - covariance
உடன் வீழ்படிவாதல் - coprecipitation
தன்னொளிர்வு, உடனொளிர்வு - fluorescence
உடுக்கணங்களின் இடைஊடகம் - interstellar medium
உடுக்கண வானியல் - stellar astronomy
உண்மைத்திசை - true direction
உணர் இழை, உணர் நீட்சி - tentacle
உணர்கொம்பு, உணர்சட்டம் - antenna
உணர்தல் - detection
உணர்நீட்சிகளின் மகுடம் - crown of tentacle
உணர் பகுதி - organ of perception
உணர்வு நுட்பம் - sensitivity
உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு - sensitized luminescence
உத்தமப் பொதுக் காரணி - highest common factor
உதட்டுச் சுரப்பிகள் - labial glands
உந்தம் - momentum
உந்து - piston
உந்துதல் - propulsion
உந்துருளி - impeller
உப்பங்கழி - estuary
உப்பீனி, ஹாலோஜன் - halogen
உமிழ்கோடுகள் - emission lines
உமிழ்நிறமாலைகள் - emission spectra
உமிழி - emitter
உயர் ஈட்ட மிகைப்பி - high gain amplifier
உயர் ஓதம் - high tide
உயரம் - altitude
உயிர் ஒளி உமிழ்தல், உயிரின ஒளிர்வு - bioluminiscence
உயிர்க்கோளம் - biosphere
உயிர் லயம் - biorhythm
உயர் வெப்பப்புள்ளி - hot spot
உயிரி - organism
உயிரிக்கடிகை - biological clock
உயிரியல் காலம் காட்டி - chronobiology
உரப்பு - loudness
உரப்புக் காட்டி - volume indicator
உராய்தல் - rubbing
உராய்வு விசை - frictional force
உருக்குலைவு - distortion
உருட்சிப்பிழை - astigmatism
உருத்துலக்கி - developer
உருப்பெருக்க மாற்றவில்லை - zoom lens
உருப்பெருக்கி - enlarger
உருப்பெருக்குத்திறன் - magnifying power
உருமாற்றம் - transformation, deformation
உருவ மிகைப்பி - image intensifier
உருவாக்கி - generator
உருளை - cylinder
உருளை வளையம் - toric
உலர்த்தும் பாண்டம் - desiccator
உலர்விப்பான் - dryer
உலோகக்கலவை - alloy
உள்கூடு - core
உள்தொகுதி - subphylum
உள்நோக்கு - introversion
உள்மூச்சுத்துளையடை மீன்கள் - choanichthyes
உள்வித்து - ascospore
உள்வித்துக்கூடுகள் - asci
உள்ளக மட்டம் - corelevel
உள்ளீட்டுப்பாறை - intrusive rock
உள்ளீடற்ற - hollow
உள்ளுறுப்புகள் - viscera
உள்ளுறை பிம்பம் - latent image
உறங்கும் எரிமலை - dormant volcano
உறிஞ்சப்படுதல் - absorption
உறிஞ்சும் கிண்ணம் - teat cup
உறுத்தி - irritant
உறுதியற்ற நிலை - meta state
உறுப்பு - organ
உறை - tourniquet, bracket
உறைவிடம் - habitat
ஊக்கி - booster
ஊக்கிப்பொறி - booster engine
ஊசித்தட்டான் பூச்சி - damsel fly
ஊசிவடிவம் - acicular shape
ஊட்டம் - nutrition
ஊடகம் - medium
ஊடிணைப்பு - clutch
ஊடு கதிரால் வரும் தோலழற்சி - radio dermatitis
ஊது குழல் - blow pipe
ஊதுலை - blower
ஊர்தி - truck
ஊர்தி அதிர்வெண் - carrier frequency
ஊனுண்ணி - carnivora
எக்கி - pump
எக்டோகார்ப்பஸ் - ectocarpus
எக்ஸ்-கதிர் ஒளியியல் - x-ray optics
எக்ஸ் கதிர் ஒளிர்வு பகுப்பு முறை - x-ray fluorescence analysis

எக்ஸ் கதிர்க் கோட்டம் - x ray diffraction
எக்ஸ் கதிர்த் தொலைநோக்கி - x-ray telescope
எக்ஸ் கதிர் வானியல் - x-ray astronomy
எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள் - x-ray stars
எச்சரிப்பு அமைப்பு - alarm system
எச்சரிப்பு வண்ணம் - warning colouration
எஞ்சிய உறுப்பு - vestigeal organ
எஞ்சிய பற்கள் - vestigeal teeth
எட்டிச்சத்து - strychnine
எடையறி பகுப்பாய்வு - gravimetric analysis
எடையின்மை - weightlessness
எண் கணிதச் செயல்கள் - arithmetic operations
எண் கணிதம் - arithmetic
எண்களின் அறிவியல் - science of numbers
எண் கோட்பாடு - number theory
எண்கோணம் - octagon
எண்சட்டம் - abacus
எண்சார் தொகையிடல் - numerical integration
எண்சார் பகுப்பாய்வு - numerical analysis
எண்சார் பரப்பு காண்முறை - numerical quadrative
எண்சார் வகையிடல் - numerical differentiation
எண்ணியல் குறியீடு - digital signal
எண்ணும் மின்சுற்று - counting circuit
எண்ணுறத்தக்கது - countable
எண்ணெய்ச் சாரம் - essential oil
எண்ணெய் வளிமம் - oil gas
எண்மானம் - numeral
எண்முகத்தகம் - octohedran
எதிர் அயக்காந்தத்தன்மை - anti ferromagnetic
எதிர் ஒத்திசைவு - anti resonance
எதிர் ஒப்பு வடிவுடைமை - anti isomorphism
எதிர் ஒளி - counterglow
எதிர்க் காந்தம் - diamagnet
எதிர்க்கும் ஹாலைடு - anti hallation
எதிர் காந்த ஏற்புத்திறன் - diamagnetic susceptibility
எதிர் காந்தத்தன்மை - diamagnetic
எதிர்ச்சுடர் - back fire
எதிர்த்திருப்பம் - reversal
எதிர்த்துகள் - anti particle
எதிர்த்தூண்டல் விளைவு - negative inductive effect
எதிர்ப்படம் - negative picture
எதிர்ப்பு - antagonism
எதிர்ப்புத்திறன் வகை - types of resistance
எதிர்ப்பு விசை - opposing force
எதிர்ப்பொருள் - antigen
எதிர்ம எண்கள் - negative numbers
எதிர்மக் கீழ் பின்னடைவு - negative supscripts
எதிர்மறை தொடர்பு - negative correlation
எதிர்மின் ஒளிர்வு - cathode luminescence
எதிர் மின்வாய் - cathode
எதிர்வடிவம் - enantiomer
எதிர் வாழ்வு - antibiosis
எதிர் வினைச் சுழலி - reaction turbine
எதிர்வினைப்பு - reactance
எதிர் முழக்கம் - reverberation
எதிர்மைத்தடைச்சாதனம் - negative resistance device
எதிரயனி, எதிர்மின் அயனி - anion
எதிரிடைத் தொடர்பு (அ) ஒட்டுறவு - inverse or negative correlation
எதிரெதிராட்டத் துளைப்பு - nibbling
எதிரெதிராட்ட, முன்பின்னியக்க - reciprocating
எதிரொலி - echo
எதிரொலி ஆழமானி - echo sounder
எதிரொளிப்பு - reflection
எதிரொளிப்புத்தன்மை - reflectance
எதிரொளிர் தொலைநோக்கி - reflecting telescope
எந்திர அமைப்பு - machinery
எந்திர ஏவலாள் - robot
எந்திரப் பலன் - mechanical advantage
எந்திரவியல் கதிர்வீச்சு ஒலி மறுப்பு - mechanical radiation impedance
எந்திரவியல் தடை - machanical resistance
எப்பாக்சிஜனேற்றம் - epoxidation
எபிசெரட்டோடஸ் - epiceratodus
எபித்தீலியோமா - cancer of the skin
எயோலியன் ஒலிகள் - aeolian tones
எரிகலப்பி - carburetor
எரிகலம் - combustion chamber
எரிடானஸ் - Eridanus
எரி தன்மையுள்ள - combustible
எரிபொருள் மின்கலம் - fuel cell
எரிமலைக் குண்டு - volcanic bomb
எரிமலைக்குழம்பு - lava
எரிமலைக்குழம்புத் துண்டு - cinder
எரிமுறை பொறித்தல் - peening
எரி-வளிமம் - bio-gas
எரிவிண்மீன் - meteor
எரிவிண்மீன் மழை - meteoric shower
எல்லை மதிப்பு - boundary value
எலும்பழிவு - osteolysis
எலும்பிளக்கி நோய் - osteomalacia
எலும்புத் தகடுகள் - ossicles
எலும்பு மீன்கள் - osteichthyes
எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு - electron affinity
எலெக்ட்ரான் கவர் - electrophilic
எலெக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல் - electronegativity
எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி - electron gun
எலெக்ட்ரான் தூண்டல் விளைவு - inductive effect
எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு - electron configuration

எலெக்ட்ரான் மண்டலம், ஆர்பிட்டால் - orbital
எலெக்ட்ரான் மேகம் - electron cloud
எலெக்ட்ரான் விளிம்புவிளைவு - electron diffraction
எழு சுருள் - helix
எழு சுருள்மை - helicity
எளிதில் உருகிகள் - eutectic alloys
எளிய அக்கி - herpes simplex
எறிகோணம் - angle of projection
எறிபுள்ளி - point of projection
எறிபொருள் - projectile
எறிபொருள் பாதை - trajectory
எறும்பு - ant
எறும்பு அடிமைத்தனம் - ant slavery
எறும்புக்கரடி - ant bear
எறும்புத்தின்னி - ant eater
எஸ்ட்ராக்கம் - esterification
ஏக்கம் - anxiety
ஏராளத்தன்மை - abundance
ஏரித்தொகுதி - system tank
ஏவுகணை - missile
ஏவுதல் - launching
ஏவூர்தி வானியல் - rocket astronomy
ஏற்குமை - susceptibility
ஏற்பி - acceptor
ஏற்பி, வாங்கி - receptor
ஏற்பு - susceptance
ஏற்றக்கோணக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு - altitude control system
ஐங்கோணம் - pentagon
ஐசோடோப் - isotope
ஐசோடோப் நகர்வு - isotope shift
ஐசோ தற்சுழற்சி - iso spin
ஐசோ தற்சுழற்சி வெளி - iso spin space
ஐந்து காயப்பூ - flower of five wounds
ஒட்ட வைத்தல் - grafting
ஒட்டிக் கொள்ளும் தட்டு - adhesive disc
ஒட்டி வாழ் தாவர வகை - epiphytic
ஒட்டுண்கை - parasitism
ஒட்டுண்ணி - parasite
ஒட்டுண்ணியப்பால் மாற்றம் - parasitic castration
ஒட்டுந்தன்மை - adhesion
ஒட்டுப்பலகை - plywood
ஒட்டுப்பொருள் - adduct
ஒட்டும்பொருள் - adhesive
ஒட்டுமுனை - scion
ஒட்டு வீரியம் - plant heterosis
ஒட்டுறவு அல்லது இமையுறவு - correlation
ஒட்டுறவுக்கெழு - correlation coefficient
ஒட்டுறவு விகிதம் - correlation ratio
ஒட்டுறுப்பு - sucker
ஒடுக்கம் - damping
ஒடுக்கல் குணகம் - damping coefficient
ஒண்முகிற்படலம் - nebula
ஒத்த - homogenous
ஒத்த உருவங்கள் - similar figures
ஒத்த உருவமைப்புடைய - isomorphic
ஒத்ததிர்வுள்ள மேம்படல் - resonant enhancement
ஒத்திசைவி - resonator
ஒத்திசைவு, ஒத்ததிர்வு உடனிசைவு - resonance
ஒத்திணக்கக் கோட்பாடு, ஒத்திணக்க நிபந்தனை - resonance condition
ஒத்தியக்கத் துடிப்பு - synchronizing pulse
ஒத்தியக்க மின்னோடி - synchronous motor
ஒத்தியக்கமுட்டு முடுக்கி - synchro clash
ஒத்தியக்கல் - synchronization
ஒத்தியங்கி - synchro
ஒத்தியங்கு அளவி - synchroscope
ஒதுக்கல் விதி - exclusion principle
ஒப்பளவி - comparator
ஒப்பனை செய்தல் - leather finishing
ஒப்பிணைமை, இடவலச் சமச்சீர் - parity
ஒப்பிணைமை மாறாமை - conservation of parity
ஒப்பிணைவுச் செயலி - parity operator
ஒப்பு அடர்த்தி - specific gravity
ஒப்பு இருமை நிலை - isoparic doublet
ஒப்பு நிலைகள் - analog states
ஒப்பு மும்மை நிலை - isobaric triplet
ஒப்புமை அலைச் சமன்பாடு - relativistic wave equation
ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு - analogous impedance
ஒப்புமைக் கணிப்பொறி - analog computer
ஒப்புமையாக்கி - simulator
ஒப்புமை விதி - laws of similarity
ஒருங்கிசைவு அல்லது சர்வசமம் - congruence
ஒருங்கிணைத்தல் - integration
ஒருங்கும் ஒழுங்கு வரிசை, குவிவுத் தொடர்வு - convergent sequence
ஒருங்கொட்டுப்பொருள் - agglutinin
ஒருகூறு புகவிடும் சவ்வு - semipermeable membrane
ஒரு பக்க - cis
ஒரு பக்கமடக்கை வரைபடம் - semilogarithmic graph
ஒருபடித்தான மூலக்கூறு - homogeneous molecule
ஒருபாற் பசுமை - semi evergreen
ஒரு புழைப்பாலூட்டிகள் - monotremata
ஒரு புற வெடி கனி - follicle
ஒரு மூலக்கூறு வினை - unimolecular reaction
ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு - ratchet
ஒரே முறை இறங்கும் ஒழுங்கு வரிசை - monotonic decreasing sequence
ஒரேமுறை ஏறும் ஒழுங்கு வரிசை - monotonic increasing sequence
ஒலி ஆழமானி - sonic depth finder

ஒலி எதிர்ப்பு - acoustical reactance
ஒலி ஏற்பி - sound receiver
ஒலிக் குறுக்கீட்டு அளவி - acoustic interferometer
ஒலிக்குறுக்கீட்டு முப்பரிமாணப் படவியல் - acoustical holography
ஒலிச்சக்தி - acoustic energy
ஒலிச்செறிவு நலிவு - attennuation
ஒலிச்சைகை - sound signal
ஒலித்தடை - acoustical resistance
ஒலித் தொழில் நுட்பவியல் - acoustics
ஒலிப்பியல் - phonetics
ஒலிப்பியல் எழுத்துப் பெயர்ப்பு - phonetics transcription
ஒலி பரப்பி - transmitter
ஒலி பெருக்கி - loud speaker
ஒலி மறிப்பி - acoustic impedance
ஒலி மறுப்பு எண் - specific acoustic impedance
ஒலி மிதவை - sonobuoy
ஒலி மின்னியல் - electro acoustics
ஒலியன் - phonemes
ஒலியியல் அளவீடு - acoustical measurement
ஒலியியல் இரைச்சல் - acoustic noise
ஒலியியல் உரு - acoustical image
ஒலியின் அழுத்த மட்டம் - sound pressure level
ஒலியினும் தாழ்ந்த வேகம் - subsonic speed
ஒலியெல்லைத் தடை - sonic barrier
ஒலி வாங்கி - microphone
ஒவ்வாமை - allergy
ஒழுங்கு எண்கோணம் - regular octagon
ஒழுங்கு ஐங்கோணம் - regular pentagon
ஒழுங்கற்ற மாறி - irregular variable
ஒழுங்குலைவு - dislocation
ஒழுங்கு வரிசை - sequence
ஒளிபுற அமைப்பு வளர்ச்சி - photomorphogenesis
ஒளி அளவி முனை - photometric head
ஒளி அளவு -intensity of light
ஒளி இடம் - photosystem
ஒளி ஈர்ப்பு - photoreception
ஒளி ஈர்ப்புத்தன்மை - phototropism
ஒளி உட்கவர் எண் - optical absorption coefficient
ஒளி உணர்வுத்திறன் - photosensitivity
ஒளி உணர்வு நீக்கி - photosensitizer
ஒளி எதிரிணைமம் - optical phase conjugation
ஒளி எலெக்ட்ரான் - photoelectron
ஒளி ஏற்புத்திறன் - optical susceptibility
ஒளி ஒளிர்வு - photoluminescence
ஒளிகசியும் ஊடகம் - translucent
ஒளிக்காலம் - photoperiod
ஒளிக்குறியீடு - light signal
ஒளிக்கண்டு மீன் - lantern fish
ஒளிச்சிதறல் - scattering of light
ஒளிச்சுரப்பி - luminous gland
ஒளிச்செயல் - light reaction
ஒளிச்செறிவு - luminous intensity
ஒளிச்சேர்க்கை - photosynthesis
ஒளிச்சேர்க்கை அலகு - photosynthetic unit
ஒளி சார் இயக்கம் - photokinesis
ஒளி சார்ந்த காலவாரி நிகழ்வு ஒளிக்காலத்துவம். - photoperiodism
ஒளிசார் நாட்டம் - phototaxis
ஒளிசார் மாற்றியத்தன்மை - optical isomerism
ஒளி சுழற்றுக்கோணம் - angle of rotation
ஒளித்தரம் - quality of light
ஒளித்துடிப்பு - optical pulse
ஒளித்துலக்கி வரிசை - electronic photo array
ஒளித்தெளிவுத்தன்மை - optical clarity
ஒளித்தெறிப்பு - flash
ஒளி நாட்டம் - photomovement
ஒளி நிறமாலை - optical spectrum
ஒளிப்பகட்டான - iridescent
ஒளிப்பட அளவி - photometer
ஒளிப்படச்சுருள் - photographic film
ஒளிப்படத்தட்டு - photographic plate
ஒளிப்படத்தாள் - photographic paper
ஒளிப்படப்பெட்டி - camera
ஒளிப்படம் - photography
ஒளிப்பட முறையில் அச்சுக் கோத்தல் - phototypography
ஒளிப்பண்பேற்றி - light modulator
ஒளிப்பயன், ஒளிர்வளமை - luminous efficacy
ஒளிப்பாயம், ஒளிப்பெருக்கு - luminous flux
ஒளிப்பாஸ்ஃபீகரணம் - photo-phosphorylation
ஒளி பிரித்தல், ஒளி வழிச்சிதைவு - photolysis
ஒளிப்புரை - photosphere
ஒளிபெருக்கி குழாய் - photomultiplier tube
ஒளி மறைப்பு -ecipsel
ஒளி மாற்றியம் - optical isomer
ஒளி மாறு விண்மீன் - cepheid
ஒளி மிகைப்பி - light amplifier
ஒளிமிகைப்பிக் குழல்கள் - proximity tubes
ஒளிமின் ஒளிமானி - photoelectric photometer
ஒளிமின் கடத்தல் - photo conductivity
ஒளிமின் கடத்துமைக் கலன் - photoconductive cell
ஒளிமின்கல அஞ்சல் - photo cell relay
ஒளிமின்தடை - photoresistors
ஒளி மின்னழுத்த விளைவு - photovoltaic effect
ஒளி மின்னியல் - photoelectricity
ஒளி மின்னியல் விளைவு - photoelectric effect
ஒளிமீட்சியியல் - photoelasticity
ஒளிமீள்திறன் குணகம் - photoelastic co-efficient
ஒளிமுறைத் தாழ்த்தல் - photoreduction
ஒளி முன்னிலையசைவு - photonasty
ஒளிமுனைவுத் திருப்பு அளவி - polarimeter
ஒளியதிர்வெண் - optical frequency

ஒளியன் - photon
ஒளியாண்டு - light year
ஒளியிய இரட்டை விண்மீன் - optical double - star
ஒளியியல் அச்சுத்தளம் - optic axial plane
ஒளியியல் இழை - optical fibre
ஒளியியல் கீற்றணி - optical grating
ஒளியியல் திருத்தம் - optical rectification
ஒளியியல் தொலைநோக்கி - optical telescope
ஒளியியல்-நேரிலா - non linear optics
ஒளியியல் பரப்பு - optical surface
ஒளியியல் பிறழ்வுகள் - optical anomalies
ஒளியியல் பொருள்கள் - optical materials
ஒளியியற் பட்டகம் - optical prism
ஒளியிய வானியல் - optical astronomy
ஒளியூட்டலின் செறிவு - intensity of illumination
ஒளியேற்ற நிலை - pumped state
ஒளிர்ச்சி - illuminance
ஒளிர்தல் - luminescence
ஒளிர் பொருள் - luminous object
ஒளிர்மகுடம், ஒளிப்புரை - corona
ஒளிர் மீன் - nova
ஒளிர்மை - luminocity
ஒளிர்மையம் - luminescent centre
ஒளிர்விப்பி - brightner
ஒளிர்வு - brightness
ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி - fluorescence microscope
ஒளிராப் பொருள் - non luminous object
ஒளிரும் இழைவிளக்கு - incandescent filament lamp
ஒளிரும் குழல் விளக்கு - fluorescent tube
ஒளி வடிவயியல் - geometrical optics
ஒளிவரை அளவியல் - photogrammetry
ஒளிவழி நடத்தி - optical guide
ஒளி வளையவரையி - coronograph
ஒளி வளைவு ஒளி வளைவு - lightcurve
ஒளி விரும்பாத் தாவரம் - photophobic plant
ஒளி விரும்பும் தாவரம் - photophilus plant
ஒளி விலகல் - refraction
ஒளி விலகித் தொலைநோக்கி - refracting telescopes
ஒளி விலகு எண் - refractive index
ஒளி வீச்சு, அலைவு நீளம் - wave length
ஒளி வேதியியல் - photo chemistry
ஒளிவேதி வினை - photochemical reaction
ஒற்றுமையுள்ள சிற்றினம் - homomorphic species
ஒற்றை அறை - unilocular
ஒற்றைத் தலைவலி - migraine
ஒற்றைத் தறுவாய் - single phase
ஒற்றைத்துலக்கி இணைப்பிகள் - single detector couplers
ஒற்றைநிற - monochromatic
ஒற்றை நிற ஒளி - monochromatic light
ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி - monochromatic aberration
ஒற்றைப்படிகம் - single crystal
ஒற்றை மதிப்பு - univalent
ஒற்றைமய - haploid
ஒற்றை மின்மாற்றி - autotransformer
ஒற்றை மின்முனை - single electrode
ஒன்றிய குழு - unitary group
ஒன்றிய சமச்சீர்மை - unitary symmetry
ஒன்றிய புலக் கோட்பாடு - unified field theory
ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த் இயைபுடையது - one to one correspondence
ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு - conjugated double bond
ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாடு - dominant factor hypothesis
ஓட்டுடலி - crustacea
ஓட்டுநர் எறும்பு - driver ant
ஓட்ஸ்-சோறு - oat-meal
ஓடல் காட்டி - hodoscope
ஓடல் வரைவு - hodograph
ஓணான் - calotes
ஓத அகல்வு - tidal range
ஓத அலை - tidal wave
ஓத ஆற்றல் - tidal power
ஓதத்தடுப்பு எட்டி - damp proof course
ஓதத்தடுப்புச் செய்யப்பட்ட தோல் - water proofed leather
ஓத நீரோட்டம் - tidal current, tidal stream
ஓதப்பெருக்கு - spring tide
ஓதம், ஏற்றவற்றம் - tide
ஓதயிடைப்பகுதி - inter tidal zone
ஓந்திக் கொக்கி - crane hook
ஓந்தித் தூக்கு - crane hoist
ஓம்பியுரி - host
ஓம எண்ணெய் - caraway oil
ஓய்வு நிறை - rest mass
ஓர் புழைப்பாலூட்டிகள் - monotremata
ஓரக் கதிர் - marginal ray
ஓரச்சு - uniaxial
ஓரச்சுக்குழாய் - co-axial tube
ஓரச்சுப்படிகம் - uniaxial crystal
ஓரத்திண்ணம் - concret ecover
ஓரிடத்தி - homotopy
ஓரிணைய - primary
ஓரியல்பு - homology
ஓரியன் - Orion
ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம் - Orion nebula
ஓரின இயல்பற்ற - non coherent
ஓருருவமாக்கல் - conformal mapping

ஒருறுப்பி அணுக்கரு - isomeric nucleus
ஒருறைப்பூக்கள் - monochlamydeons flowers
ஓரை ஒளி - zodiacal light
ஓஜோ எலெக்ட்ரான் - augur electron
ஓஜோ விளைவு - augur effect
க்யுனிஃபார்ம் எண்குறி - cuniform numerals
கச்சா எண்ணெய் - crude oil
கச்சை - belt
கசையிழை, நீளிழை - flagellum
கட்ட ஒத்ததிர்வு - phase response
கட்டக்கோணம் - phase angle
கட்டக வரைபடம் - structural drawing
கட்டப்பொருத்தம் - phase matching
கட்டம், தறுவாய் - phase
கட்டம் - stage
கட்டமைப்பு - structure, composition, construction
கட்ட வேறுபாடு - phase difference, phase change
கட்புலன் ஒளி, கண்ணுறு ஒளி - visible light
கட்டுக்கம்பி - lateral tie
கட்டுப்படுத்தி - governer
கட்டுப்படுத்தும் மின்வாய் - control grid
கட்டுப்பாட்டிதழ் - valve
கட்டுப்பாட்டுத்தண்டு - control rod
கட்டை எண்ணெய் - wood oil
கடத்தல் காலம் - conduction time
கடத்தல்மானி - transmission meter
கடத்தி - conductor
கடத்துதிறன் - transmittance
கடத்தும் பட்டை - conduction band
கடத்துதல் வீதம் - transmission rate
கடப்பாட்டு ஒட்டுண்ணி - obligatory parasite
கடல் சார்ந்த - marine
கடல் தரையிடுவான் - ocean liner
கடலடித்தளம் - sea bottom
கடற்சாமந்தி - sea anemone
கடற்பஞ்சு - sponge
கடற்பாசி - sea weed
கடிக்கும் வாயுறுப்புகள் - biting mouthparts
கடுமையாக வெளிப்படுதல் - violent eruption
கடைதல் - turning
கண்காணி - monitor
கண்ணாடி போன்ற மெருகு - vitreous glaze
கண்ணி - loop
கண்ணுறு நிறமாலை - visible spectrum
கணவாய்மீன் - cuttle fish
கணித உளப்பாங்கியல் - mathematical psychics
கணிதவியல் சார்புடைமைக் கோட்பாடு - mathematical theory of relativity
கணிப்பான் - calculator
கணிப்பு வழி - algorithm
கணிப்பொறி - computer
கோள் சந்தி - node
கணுக்காலிகள் - arthropoda
கதிர் - ray
கதிர் வீச்சில்லா மாற்றம் - radiationless transition
கதிர் வீச்சு அலைகள் - radio waves
கதிர்வீச்சு ஒண்முகிற்படலம் - radio nebula
கதிர்வீச்சு சிகிச்சை - radio therapy
கதிர்வீச்சு புறப்பரப்பு - radiating surface
கதிர்வீச்சு வானியல் - radio astronomy
கதிர்வீசும் ஊசிமுனை - radiating fins
கதிரியக்க அலைநீளம் - radio wave length
கதிரியக்க ஒளிர்வு - radio luminescence
கதிரியக்கத் தொலைநோக்கி - radio telescopes
கதிரியக்க நுணுக்க முறை - radiation technique
கதுப்பு - lobe
கதுப்புத்துடுப்புடை மீன்கள் - crossopterygil
கந்தக வலிவூட்டல் - vulcanisation
கப்பி - pulley
கம்பளம் - carpet
கம்பித்தூரிகை - wire brush
கம்பி வளைப்போர் - bar bender
கம்பி வளைப் பட்டியல் - bar bending schedule
கரடிக காப்பான் - bear guard
கரம்பெலி - mole rat
கரியாக்கம் - carbonisation
கரியூட்டல் - carburising
கரி வளிமம் - coal gas
கரு ஒட்டுதல் - implantation
கருக்காந்தத் திருப்புதிறன் - nuclear magnetic moment
கருக்காலம் - gestation period
கருநிழற்பகுதி - umbra
மெலானின் (கருநிறத்துகள்) - melanin
கருநிற, பாறைக்குழம்பு - mafic lava
கருப்பஞ்சாறு - molasses
கருமுட்டை - zygote
கருவாக்கம் - nucleation
கருவுறுதல் - fertilization
கருவூட்ட அணு உலை - fast breeder reactor
கரைசல் - solution
கரைதிறன் பெருக்குத் தொகை - solubility product
கரைப்பான் - solvent
கரைப்பான் சாறு இறக்கல் - solvent extraction
கல்லடித்தல் - buffing
கலங்கல் நீரோட்டம் - turbidity current
கலங்கலாக்கி - diffusers
கலப்பினக் கணிப்பொறி - hybrid computer
கலப்பினம் - hybrid
கலப்பினமாக்கல் - hybridisation
கலப்பு - complex

கலப்பு எண் - composite number
கலப்பு ஓதம் - mixed tide
கலம் ஓட்டுதல் - navigation
கலவி இனப்பெருக்கம் - sexual reproduction
கலவி உறுப்பு - nuptial pad
கலவிக்காகப் பறத்தல் - nuptial flight
கலவி நீட்சி - gonopod
கலவியிலா இனப்பெருக்கம் - parthenogenesis
கலவைச்சாரம் - blending oil
கவ்விப் பொருத்தம், மேற்பொருத்தம் - superimposable
கவை - yoke
கழிமுகம் - estuary
கழிவு - slag
கழிவு எஃகு - scrap steel
கள விளைவு - field effect
களி, ஜெல் - jel
களிப்பாறை - shale
களிம்புச்சுரப்பி - slime gland
களைக்கொல்லி - weedicide
கற்காரை - concrete
கற்கோள மண்டலம் - lithosphere
கற்பித - hypothetical
கறையான் - termite
கன சதுரம் - cube
கனல் நுட்பம் - pyro technic
கனல் பிறப்பி, காய்ச்சல் பிறப்பி - pyrogen
கனற்சி, எரிதல் - combustion
காட்சிகாட்டி, காட்சித்திரை - view finder
காட்டி - indicator
காடி, வரிப்பள்ளம் - slot
காடித்தண்டு - splined shaft
காணி - detector
காந்த ஆக்கம் - magnetisation
காந்த ஈர்ப்புத் தன்மை - paramagnetic
காந்த உட்புகுதிறன் - magnetic permeability
காந்த எதிர்ப்பு மின்னோடி - reluctance motor
காந்த ஏற்புத்திறன் - magnetic susceptibility
காந்தக் கட்டமைப்பு - magnetic structure
காந்தக்களச்சுவர் - domain wall
காந்தக் குவாண்ட்டம் எண் - magnetic quantum number
காந்தத் தற்சுழற்சி – magnetic spin
காந்தத் திருப்புதிறன் - magnetic moment
காந்தத் துணை மட்டம் - magnetic sub level
காந்தப் பாயக்கட்டை - flux bar
காந்தப்பாயம் - magnetic flux
காந்தப்புயல் - magnetic storm
காந்தப் புலங்கள் - magnetic fields
காந்தப்பெருக்கு - magnetic flux
காப்புச்சட்டம் - check strut
காம்பு - peduncle
காம்பு - stalk
காய்ச்சி வடித்தல் - steam distillation
கார்ட்டிசியன் பரப்பு - cartesion surface
கார்ப் பூச்சி - may fly
கார்பன் எதிர் அயனி, கரி எதிர் அயனி, கார்ப்ஆனயான் - carbanion
கார்பன் அல்லது கரி கூடு - carbon skeleton
கார்பன் நேர் அயனி, கரி நேர் அயனி, கார்போனியம் அயனி - carbonium ion
கார எரிமலைக்குழம்பு - basic lava
காரண-விளைவுத் தொடர்வு - cause and effect
காரணி - factor
காரம் - alkali
கால் அலை ஒத்ததிர்வுப்புழை - quarter wave resonant cavity
கால்நடைகளின் இரைப்பை - rumen
கால்வட்ட எலெக்ட்ரா மீட்டர் - quadrant electrometer
காலவாரி நிகழ்வு, அலைவுச்சார்பு - periodicity
காலளவி - quadrant
காளான் நச்சு விளைவு - ergotism
காற்றுக் கட்டுப்படுத்தி - choke
காற்றுக் குழாய் - tuyere
காற்றுத் தாரை - air jet
காற்றுப்பை - air bladder
காற்றுலை - blast furnace
காற்றுள்ள - aerobic
கிடை இடைவெளி - horizontal distance
கிடைத்தளக்குவியம் - sagittal focus
கிடையச்சு - horizontal axis
கிரியா ஊக்கி, வினையூக்கி - catalyst
கிரெப்ஸ் சுழற்சி - Kreb's cycle
கிளர்ச்சி நிலைக்கால அளவு - excited life time
கிளர்த்தும் அச்சு - exciting axis
கிளர்வு நிலை - excited state
கிளை வினை - side reaction
கீரைத்தளை - lettuce
கீல் - hinge
கீழ் ஒட்டு - basal
கீழ்குவார்க் - down quark
கீழ்த்தாடைச்சுரப்பி - mandibular
கீழ் வரம்புள்ள - bounded below
கீழுதடு - labium
கீற்றணி - grating
கீற்றணி மூலம் - grating element
கீற்று, பிளவு - slit
குட்டை - pool
குடல்காட்டி, வயிற்றுநோக்கி - gastroscopes
குடல் தாங்கி - mesenter
குடல்வால் - appendix

குடை விளைவு - umbera lla effect
குடைவு முறை - engraving
குத்து அச்சு, நிலைக்குத்து அச்சு - vertical axis
குத்துப்பிடிப்புக் கும்பி - vertical stirrup
குதிமுள் பல்சக்கரம் - spur gear
கும்பம் - aquarius
குமிழ்க்குவை வடிவம் - boityoidel
குமிழ் நிலத்தூண் - under-reamed pile
குமிழி - vesiclex
குமிழி எண்ணி - ripple counter
குரல் வளைத்துளை - glottis
குருத்தெலும்பு மீன்கள் - chondrichthyes
குருதி உறிஞ்சி - blood sucker
குருநோய் - granule
குவாண்டம் நிறவியக்கவியல் - Quantum chromodynamics
குவார்க் - quark
குவிப்புஅமைப்பு - abbe condenser
குவிய ஆழம் - depth of focus
குவியத் தொலைவு - focal length
குவிய நீக்கம் - de focussing
குவியம் - focus
குவிவில்லை - convex lens
குவிவு எண்கோணம் - convex octagon
குழல் - spur
குழற்கால் - tube foot
குழாய்த் துகள்முடுக்கி - linear accelerator
குழி - cavity
குழியுடலி - coelenterate
குழிவு - concave
குழிவு எண்கோணம் - concave octagon
குளிர்கால உறக்கம் - hibernation
குளிர்வித்தல் - condensation
குற்றிழைகள் - cilia
குறிப்பேற்றம் - modulation
குறியீட்டு எண் - index number
குறியீட்டு வடிவம் - diacritical mark
குறியீடு - code, notation
குறுக்கலைகள் - transverse waves
குறுக்க வினை - condensation reaction
குறுக்களவுக் கோளப்பிறழ்ச்சி - lateral spherical - aberration
குறுக்கிணைப்பு, குறுகிய மின்னோட்டம் - short circuit
குறுக்கீட்டு விளைவு - interference
குறுக்கீட்டு விளைவுப்பாங்கம் - interference pattern
குறுக்குத்தகவு - cross ratio
குறுக்குத் தண்டு - cross shaft
குறுக்குமுக அச்சு - quadrative axis
குறுக்கு வலியூட்டி - transverse reinforcement
குறுக்குவெளி மாற்றியம் - diastereoisomer
குறுநொய்த் தன்மை - graininess
குறுபகல் தாவரங்கள் - short day plants
குறுமுள் - spur
குறுவழி - venturi
குறை - deficiency
குறை ஆற்றல்படி - negative energy state
குறை ஒட்டுவாழ் தாவரம் - hemi epiphyte
குறை நிரப்பு - supplemented
குறை அல்லது புறநிழல் பகுதி - penumbra
குறை மறைப்பு - partial eclipse
குறைவெட்டல் - curtailment
குன்றல் பகுப்பு - meiosis
கூசொளி - glare
கூட்டதிர்வு - collective oscillation
கூட்டப்பட வேண்டியவை - summands
கூட்டு அதிர்வுகள் - complex vibrations
கூட்டு உத்திரம் - compound beam
கூட்டுக்கண் - compound eye
கூட்டுத்துளை முப்பரிமாணப்படவியல் - synthetiy aperture-holographc
கூட்டுத்தூண் - compound column
கூட்டுத்தொகை - sum
கூட்டுத்தொடர் - arithmetic progression
கூட்டுப்புழு - pupa
கூடு - nest, cyst
கூடு மாதிரி - shell model
கூம்புக்குழல், துளைக்கூம்பு, சிறிய தூம்புவாய் - nozzle
கூம்புக் கோணம் - cone angle
கூம்புச் செல் - cone cell
கூம்புப் பட்டகம் - pyramid
கூர் நகம் - claw
கூர்முள் எறும்புண்ணி - spiny anteater
கூர்முள் முள்ளம்பன்றி - spiny porcupine
கூலும் வெளி - coulomb field
கூலுமின் தடை - coulomb barrier
கூழ்மக் கரைசல் - colloidal solution
கூழ்மம் - colloid
கெட்டிப்படுத்தும் பொருள் - thickening agent
கெட்டியாதல் - accretion
கெரோட்டின் - carotene
கேட்டொலியியல் - auditory phonetics
கேளா ஒலி - ultrasonic
கை எக்கி - hand pump
கொடுக்கு - sting
கொத்துக்கொழு - lee type
கொதிநிலைமாறா - azeotropic
கொந்தளித்த ஓட்டம் - turbulent flow
கொந்தளிப்பான் - turbulent
கொந்துதல் - broaching

கொந்துளி - broaching tool
கொலஸ்ட்ரால் - cholestrol
கொழுப்பினால் பிரித்தெடுத்தல் - enfleurage
கொழுப்பு அமிலம் - fatty acid
கொழுப்புத்திரள் - fat body
கொழுப்பு மடிப்பு - adipose fold
கொள்வாய் - hopper
கொள்ளிடத் தடை - steric hindrence
கொறிக்கும் உயிரிக் கொல்லி - rodenticide
கொன்று தின்னி - predator
கோடகம்காந்த விதி - trapezoidal rule
கோண உந்தம் - angular momentum
கோண ஒப்புரவு - angular correlation
கோணத்திசை வேகம் - angular velocity
கோணத்திருப்பம் - angular deflection
கோணமுனை - vertex
கோணவிட்டம் - angular diameter
கோர்த்தல் - morphism
கோல்செல் - rod cell
கோழை - mucoid
கோள் - planet
கோள் ஒண்முகிற்படலம் - planetary nebula
கோள்களின் ஆய்வு - planetary exploration
கோள்களுக்கு இடையேயான பொருள் - inter-planetary material
கோள் சந்தி - node
கோளக அடைப்பிதழ் - globe valve
கோளக வடிவ விண்மீன் கூட்டம் - globular cluster of stars
கோளப் பிறழ்ச்சி - spherical aberration
கோறுண்கை - predatism
சக்கர உயிரி - rotifera
சக பிணைப்பு - covalent bond
சங்கு நண்டு - hermit crab
சங்கு முறிவு - conchoidal fracture
சட்டகம் - skeleton, framed structure
சடத்துவம் - inertia
சதுப்புநிலச் சேறு - swamp
சதுர அணி - square matrix
சதைப்பற்று - succulent
சந்ததிகள் மாற்றம் - alternation of generations
சந்திரன் (அ) திங்கள் மறைப்பு - lunar eclipse
சமகோண ஐங்கோணம் - equiangular pentagon
சமச்சீர் - symmetry
சமச்சீர்மைத்தளம் - plane of symmetry
சமச்சீர்மை மின்சாராமை - charge independence
சமச்சீர்மை மையம் - centre of symmetry
சமச்சீரற்ற - asymmetrical, heterocercal
சமச்சீரான - isotropic
சமச்சீரிலா மையம் - chiral centre
சமச்சீருள்ள - homocercal
சமத்தற் சுழற்சி - isospin
சமநிலை - equilibrium
சமநிலை உறுப்பு - balancing organ
சமபக்க ஐங்கோணம் - equilateral pentagon
சமபொழுதுத் தாவரங்கள் - neutral plants
சமனுருள் - fly wheel
சமன்பாடுகளின் மூலங்கள் - roots of equations
சமானங்கள் - parity
சமுதாய வாழ்க்கை - social life
சயனைடு ஊட்டல் - cyaniding
சரியொத்த வகுப்பு - equivalance class
சரிவு - decline
சரிவு அச்சு - cline axis
சரிவுக்கோணம் - rake angle
சரிவுப்பட்டக வகை - clinohedral class
சல்ஃபோனேற்றம் - sulphonation
சல்லடை - sieve
சவ்வூடு பரவல் - osmosis
சாய்வளை கம்பி - bent up bar
சாய்வு - tilt
சாய்வுப் பல்சக்கரம் - bevel gear
சாய்வு மறைகோணம் - inclined extinction
சாயம் - dye
சார்பகா எண் - relatively prime number
சார்பன் - functor
சார்புக் குவாண்டம் கோட்பாடு - relativistic quantum theory
சார்புடை மாறி - dependent variable
சார்புடைமைக்கோட்பாடு - relativity theory
சார்புத்திசைவேகம் - relative velocity
சார்புத் திருத்தம் - relativistic correction
சாரா மாறி - independent variable
சாரைத்திரை - shutter
சால் உருளை - furrow wheel
சிக்கலெண்கள் - complex numbers
சிதலகம் - sporangium
சிதறல் - scattering
சிதறல் விளக்கப்படம் - scatter diagram
சிதைத்துக் காய்ச்சி வடித்தல் - destructive distillation
சிதைவடைதல் - decomposition
சிப்பி - clam
சிம்மம் - leo
சிரை - vein
சிரைக்குடா - sinus venosis
சிவப்பு ஓநாய் - red wolf
சிற்றுறுதியான நிலை - meta stable
சிறப்பான புள்ளிகள் - united points
சிறப்பியல்புச் சமன்பாடு - characteristic equation
சிறப்பியல்புத் தீர்வுகள் (மூலங்கள்) - characteristic root

சிறப்பியல்பு மறிப்பு - characteristic impedance
சிறப்புப் பாரம் - pay load
சிறிய அரசி எறும்பு - microgyne
சிறிய ஆண் எறும்பு - microaner
சிறிய தொழிலாளி எறும்பு - microergate
சிறுகோள் - asteriod, minor planets
சிறு தொகுதிகள் - minor phyla
சிறுநீரக வடிவம் - reniform
சிறுமார்பு - microthorax
சிறுமீன்குஞ்சு - fry
சிறுமுள் - spine
சினை - ovum
சினயகம் - ovary
சீகண்ட் கணிப்பு வழி - secant algorithm
சீதபேதி - dysentery
சீம்பால் - colostrum
சீர்மைப்பண்பு - element of symmetry
சீரிசை அதிர்வெண் - harmonic frequency
சீரிசை இயக்கப்புறவிசை - periodic external force
சீரிசை இயக்கம் - harmonic motion
சீரிசையற்ற - aperiodic
சீரிலாமை - chirality
சீறொலி - hiss
சீவல் அமைப்பு - bladed
சுட்டுப்பயனுறு அழுத்தம் - reference effective pressure
சுட்டளவு - parameter
சுடர்செல் - flame cell
சுண்டெலி - field mouse
சுரண்டுமுறை - exploitation
சுரத்தல் - secretion
சுரப்பி - gland
சுரம் - harmonics
சுருங்கும் தசை - retractor muscle
சுருணை - winding
சுருதி - pitch
சுருதிக்கட்டை - console
சுருள், சுருளி - spiral, coil
சுவடு காண் ஆய்வு - tracer analysis
சுவர் ஒட்டு - parietal
சுவர்ச்சூல் அமைவு - parietal placentation
சுவாசத்துளை - spiracle
சுவாதி விண்மீன் - arcturus
சுவைக்கும் வாயுறுப்புகள் - chewing mouthparts
சுவைப்பான் - masticatory
சுழல் இயக்க எக்கி - roto dynamic pump
சுழல் தாங்கி - journal bearing
சுழல்தானம் - piot
சுழலாழி விகிதம் - gyromagnetic ratio
சுழலி - turbine
சுழற்சி ஒப்பிணைமை - orbital parity
சுழற்சிக் குவாண்டம் எண் - spin quantum number
சுற்றகம் - rotor
சுற்றுப்பாதைக் காந்தத் திருப்புதிறன் - orbital magnetic moment
சுற்றுப்புறம் - environment
சூட்டிணைப்பு - soldering
சூரியக் கண்ணோக்கி - solar eye
சூரியத் தீக்கொழுந்து - solar flare
சூரிய மண்டலம் - solar system
சூரியன் நடுமறைப்பு - annular solar eclipse
சூரியனின் ஒளிமறைப்புப் பகுதி - eclipsed solar disc
சூரியனின் தோற்றப்பாதை - ecliptic
சூல்பை - ovary
சூல்மெத்தை - placenta
சூலகக் கீழ்ப்பூத்தன்மை - epigamy
சூழ்நிலை ஒளி உயிரியல் - environmental photo-biology
சூழ்நிலைச் சீர்கேடு - environmental pollution
சூழியல் - ecology
சூழியல் அமைப்பு - ecosystem
செஞ்சாய்சதுரம் - orthorhombic
செடி துவைத்தல் - thinurag
செந்தர மின் அழுத்தம், நியம மின் அழுத்தம் - standard potential
செந்நிற மாறுவிண்மீன்கள் - red variable stars
செம்பாளப்பாறை - dyke
செம்மாடம் - orthodome
செய்பொருள் - work piece
செய்முறை எண்கணிதம் - practical arithmetic
செயல்திறம் - practicality
செயல் தொடக்க அதிர்வெண், வரை எல்லை அதிர்வெண் - threshold frequency
செயல்படும் எரிமலை - active volcano
செயல்முறை - experiment
செயல்முறை - operation
செயலாதிக்கம் - influence
செயலியல்லாத - non-physiological
செயலிழந்த எரிமலை - extinct volcano
செயலெதிர்ச் செயல் - interaction
செயற்குழுத் தலைவர் - executive
செயற்கை - synthetic
செயற்கைக்கோள்கள் - satellites
செயற்கைப் பால் உண்டு பண்ணும் கருவி - homogenizer
செர்க்கேடியன் நிகழ்வொழுங்கு - cercadian rhythm
செரிமானம் - digestion
செருகு - plug
செல் இடை அகஒட்டுண்ணி - intercellular parasite
செல் பகுபடுதல் - cell division
செல் புறச்சவ்வு - cell membrane

செலுத்தப்பண்பு - transmissability
செலுத்தீட்டு இழப்பு - transmission loss
செலுத்துதல் - transmission
செவ்வக ஆயங்கள் - rectangular coordinates
செவ்வாய் - mars
செவ்விணை வடிவப்பக்கம் - ortho pinacoid
செவ்வெப்பம் - red hot
செவியுணரா ஒலி - ultrasonics
செவியுறுத்து எல்லை - limits of audibility
செவுள் பிளவு - gill cleft
செறிவு - intensity
செறிவுச்சுமை - concentrated load
செறிவுத்தணிப்பு - concentration quenching
செறிவூட்டம் - enrich
சேமித்து வைத்தல் - conservation
சேர்க்கை - addition
சேர்க்கைப்பொருள் - additive
சேர்ப்புவிதி - associative law
சேறு வழிதல் - mud flow
சைகை - signal
சைட்டோப்பிளாசம் - cytoplasm
ஞாயிறு மறைப்பு - solar eclipse
ஞெகிழி - plastic
டாப்ளர் பெயர்ச்சி - Doppler shift
டைஅசோ ஆக்கம் - diazotisation
தக்கைக்காகிதம் - cork
தகடு - scraper
தகரப்பின்னம் - improper fraction
தகவமைப்பு - adaptation
தகவிய ஒட்டுண்ணி - facultative parasite
தகு பின்னம் - proper fraction
தகைவு - stress
தச்சன் எறும்பு - carpenter ant
தசம எண்ணி - decade counter
தசைநார் - muscle
தட்டாம்பூச்சி - dragonfly
தட்டுக் கலப்பை - disc plow
தட்டைப்புழு - flatworm
தட்டைமீன் - flat fish
தடங்கல் முறைப்படிதல் - hindered settling
தடித்த கவசம் - armour
தடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி - forbidden energy gap
தடுக்கும் வலை - suppressor grid
தடுப்பாற்றல் - immunity
தடை எண் - specific resistance
தண்டு - stolon
தண்டு அதிர்வி - needle vibrator
தண்டு துளைப்பான் - trunk borer
தண்டுவடம் - spinal cord
தணிப்பு - quenching
தத்துக்கிளிப்பூச்சி - grass hopper
தம்மிச்சை இயக்கம் - autonemic movement
தமனி - artery
தயக்க விளைவு - hysterisis
தர ஒட்டுறவுக்கெழு - rank correlation coefficient
தர மதிப்பு - rank
தர வரிசை - rank order
தருக்கவியல் - logic
தரையடி எறும்புப்புற்று - formicarium
தரை விரிப்பு - carpet
தலை - scolex
தலை - calyx
தலைப்பிரட்டை - tadpole
தலை பெருத்த சாவி - gib-headed key
தலைமுறை - generation
தலை முன் வாயுறுப்பு - prognathus
தவிர்க்கப்பட்ட பகுதி - forbidden zone
தழை வளர்ச்சி - vegetative growth
தள்ளு அமைவு - tappet
தள உயரம் - floor height
தளர்ச்சி - fatigue, rarefaction
தளர்வுறு ஒண்முகிற்படலம் - diffuse nebula
தற்சிறப்பு வரி - characteristic line
தற்சுழற்சி - spin
தற்சுழற்சி இயக்கம் - spin motion
தற்சுழற்சி மாறாமை - spin conservation
தன் மகரந்தச் சேர்க்கை - self pollination
தன்னிச்சைத் துகள் பிரிதல் - autoionisation
தன்னிச்சையான மாசுகள் - random impurities
தன்னியக்கம் - automation
தன்னிரைச்சல் - self-noise
தன்னினவுண்ணி - cannibal
தனி ஆல்கஹால் - absolute alcohol
தனி ஊசல் - simple pendulum
தனி ஒட்டுறவு - simple correlation
தனிசீரிசை இயக்கம் - simple harmonic motion
தனித்த கார்பெல் - apocarpous
தனிமம் - element
தனிம மீள்வரிசை அட்டவணை - periodic table
தனிமையச்சூல் அமைவு - free central placentation
தாங்கி - bearing
தாங்கி - carrier, support
தாங்கு நெம்புகோல் - cantilever
தாங்கு விறைப்பி - bearing stiffner
தாடையற்ற முதுகெலும்பி - jawless vertebrate

தாடையுள்ள முதுகெலும்பி - jawed vertebrate
தார்ப்பூச்சு - bituminous coating
தாரை - jet
தாரை அடைப்பிதழ் - jet valve
தாவரப்புவியியல் - plant geography
தாவரவுண்ணி - herbivore
தாழ்வுஓதம் - low tide
தாள் கட்டுப்பாட்டிதழ் - gate valve
தாள் படலம் - lamella
தானியங்கள் தரம் பிரிக்கும் எந்திரம் - seed grading machine
தானியங்கி - automobile
தானியங்கு - automatic
திசு - tissue
திசைக்கூறு எண் - azimuthal quantum number
திசைச் சார்பிலா இயக்கம் - nastic movement
திசைச் சார்பு இயக்கம் - tropic movement
திசைச் சார்புக்காரணி - directivity
திசைத்தன்மை இணைப்பி - directional coupler
திசைத் திருப்பு - disorient
திசையமை - orient
திசையி - vector
திசையொவ்வாப் பிணைப்பு - anisotropic coupling
திசைவேகம் - velocity
திட்ட விலக்கம் - standard deviation
திட்டுநோய் - canker
திட்பக்காட்சி - stereovision
திடமான - robust
திடீர் நலிவு நோய் - tristenga disease
திடீர் மாற்றம் - mutation
திண்நிலைக் கருத்து - solid state theory
திண்மநிலை - tone
திண்மை - massive
திணிப்பு அதிர்வு - forced vibration
திமிங்கிலம் - whale
திரிதடையம் - transistor
திரிவு - strain
திருக்கம், முறுக்குவிசை, சுழல்விசை - torque
திருகுச்சுமை தூக்கி, திருகுத்தூக்கி - screw jack
திருகுச்சுருள் - helical spring
திருகு பல்சக்கரம் - helical gear
திருவாதிரை - betelgcuse
திரையீடு முறை - screening method
திரை வலை - screen grid
திறந்த உலை - open hearth
திறந்தவெளி வெப்பமூட்டி - open heater
திறன் - efficiency
திறன் ஊட்டிய களரி - power tiller
திறன் கூறு - power factor
திறன் பெருக்கி - power amplifier

தீத்தடுப்பு - fire resistance
தீப்பந்து - fire ball
தீப்பற்றும் நிலை - ignition temperature
தீப்பிழம்பு, சுவாலை - flame
தீர்வுத் திசையன் - solution vector
துகள்கதிர் - particle ray
துகள் கொள்கை - corpuscular theory
துடிக்கும் மாறுவிண்மீன்கள் - pulsating variable stars
துடிப்பான் - pulsator
துடிப்பு - pulse
துணிப்புத்தகைவு - shear stress
துணை உமிழ்வு மின்னோட்டப்பெருக்கி - secondary emission current amplifier
துணைக்குவாண்டம் எண் - subsidiary quantum - number
துணைப்பொருள் - by product
துத்தநாகப்பூச்சு - galvanising
துரு - rust
துருத்து பலகம் - canopy
துருவல் - chips
துருவல் எந்திரம் - milling machine
துருவுதாடை - maxilla
துருவு நுண்ணளவு பகுப்பு முறை - probe micro - analysis
துளை - aperture
துளையிடல் - drilling
துளைவாய் - port
துளை விரிவாக்கம் - boring
தூசிநோய் - smut
தூண்டப்பட்ட இயக்கம் - paratonic movement
தூண்டம் - inductance
தூண்டல் - stimulus
தூண்டல் மின்னோடி - induction motor
தூண்டில் மீன் - angler fish
தூண்டி - activator
தூண்டுகைச் சுழலி - impulse tuxbine
தூண்டு சுருள் - induction coil
தூண் வடிவம் - columnar
தூய்மைப் படுத்தும்கருவி - clarifier
தூள்வித்துத் தண்டு - conidiophore
தெரிவிடும் கருவி - indicator
தெரிவு செய்நிலை - state of selection
தெவிட்டு நிலை மின்னோட்டம் - saturation current
தெவிவூட்டும் தன்மை - perceptibility
தேக்கி - memory
தேய்ப்புத் தைலம் - liniment
தேய்மானம் - abrasion
தேய்வுக்காப்பு - wear resistance
தேரப்பெறா அமைப்பு - indeterminate form
தேன்பனி - honey dew
தேனிரும்பு - mild steel

தொகு உயரம் - effective height
தொகு கோளம் - integrating sphere
தொகுதி - phylum
தொகுதி - denominator
தொகுப்பு - synthesis
தொங்கல் - suspension
தொகையீட்டு இடைவெளி - interval of integration
தொங்காட்டப் பொறி - gimballed engine
தொங்கு கூரை - suspended ceiling
தொடக்கமதிப்பு - initial value
தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு - equation of continuity
தொடர்ச்சியான சார்பு - continuous function
தொடர்சாய லேசர் - continuous dyelaser
தொடர் நிற நிரல் - continuous spectrum
தொடர்வண்டி - locomotive
தொடர்வினை - chain reaction
தொடரிணைப்பு - series connection
தொடி - brush
தொடுகை உருமாற்றம் - contact metamorphism
தொடுகோடுகள் - tangents
தொடுகோணம், சாய்கோணம் - glancing angle
தொல்லுயிர்ப் படிவத் தாவரங்கள் - fossil plants
தொல்லுயிரூழி - paleozoic era
தொலை ஒளிப்படம் - telephotograph
தொழிலாளி எறும்பு - worker ant
தொழுவன் பூச்சி - praying mantis
தொன்மை இயக்கவியல் - classical physics
தோட்டக்கார எறும்பு - horticultural ant
தோராயம் - approximation
தோல் சிதைவு - skin lesion
தோல் தகடு - dermalplate
தோலுரித்தல் - moulting
தோள்பட்டை - shoulder blade
தோற்ற அளவு - apparent size
தோற்றத்திசை - apparent direction
தோற்றப் பொலிவுப் பரிமாணம் - apparent magnitude
நச்சு - toxin
நச்சுத்தன்மையகற்றல் - detoxification
நசுக்குச்சாறு - squash
நடுப்பசைக் குழி - mesogloea sac
நடுவட்டு - disc
நடுவரைக் கோட்டு ஏவூர்தி செலுத்தும் தளம் - eqautorial rocket launching station
நடுவரை விலக்கம் - declination
நண்டு வடிவ ஒண்முகிற் படலம் - crab nebula
நம்பகம் - reliability
நரம்பு - vein
நரம்புச்சிலந்தி, கினிப்புழு - guinea worm
நரம்புச்செல்திரள் - ganglion
நரம்புப்படிவு - vein deposit
நழுவி - slider
நழுவும் அடைப்பிதழ் - sliding valve
நழுவு வளையம் - slip ring
நளி விண்மீன்குழு - scorpion
நாக்கு மீன் - tongue fish
நாண் - chord, tie
நாய்க்குடும்பம் - canidae
நாவளை ஒலிகள் - retroflex
நாவின் கீழ்ச்சுரப்பி - sub-lingual gland
நாள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி - dicernal aberration
நாள் சார்ந்த நிகழ்வொழுங்கு - daily rhythm
நாளியக்கம் - diurnal motion
நாளோதம் - diurnal tide
நாற்சதுரம் - trapezium
நான்முகி - tetrahedron
நான்முனைவுத் திறப்புதிறன் - quadrapole moment
நிகரப்பரப்பு - net area
நிகழ் தகவு அறிமுறை - probability theory
நிகழ்வொழுங்கு - rhythm
நிண நீர்க்கட்டி - lymphangioma
நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவு - neutron diffraction
நிர்ணயக்கெழு - coefficient of determination
நிரப்பி நிலைப்படுத்தல் - complement fixation
நில அமைப்பு - topography
நிலக்கடலைத் தோல் உரிக்கும் எந்திரம் - groundnut decorticating machine
நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம் - groundnut stripping machine
நிலக்கீல் - asphalt
நிலத்தூண் அடிமானம் - pile foundation
நிலத்தூண் மேல்தலை - pile cap
நில நடுக்க அலை - seismic wave
நிலப்படம் - map
நிலைத்திரிபு நிலை - transmission stage
நிலை நிறுத்தி - sustainer
நிலை நீர்ம அழுத்தம் - hydrostatic pressure
நிலைப்படம் - map
நிலைப்படுத்துவான் - stabilizer
நிலைப்பு விகிதம் - stability ratio
நிலைபெயர்வுப் புள்ளிமுறை - floating point system
நிலை மின் விசை - electrostatic force
நிலைமை விதி - phase rule
நிலையகம் - stator
நிலையாற்றல் - potential energy
நிலையியல் - static
நிறச்சாரல் பிரிகை - chromatography
நிறத்துகள், நிறமி - pigment
நிறத்துகளாக்கம் - pigmentation

நிறப்பிரிதிறன் - dispersive power
நிறப் பிறழ்ச்சி - chromatic aberration
நிறமண்டலம், செந்நிறப்புரை - chromosphere
நிறமாலை, நிரல் - spectrum
நிறமாலை ஒளிர்வளமை - spectral luminous efficacy
நிறமாலை காட்டி - spectroscope
நிறமாலைச் சிறப்புயல்புகள் - spectral characteristics
நிறமாலை மறுதலிப்பு - spectral response
நிறமாலையியல், நிரலியல் - spectroscopy
நிறமாலை வரைவி - spectroheliograph
நிறமாலை வரைவி - spectrograph
நிறமித் தொகுதி - pigment system
நிறுவுதல் - installation
நிறை எண் - mass number
நிறை எண் - perfect number
நிறைசெறிவு, செறிவடைதல் - saturation
நிறைப் பெயர்ச்சி - mass shift
நிறையுயிரி - adult
நிறைவுற்ற, தெவிட்டிய - saturated
நிறைவுறா, தெவிட்டா - unsaturated
நின்று கொல்லும் நச்சு - slow acting poison
நின்றொளிர்தல் - phosphorescence
நீக்கல், களைதல் - elimination
நீண்ட குழாய் - hose
நீண்ட சிறு விட்டக்குழாய் - lance
நீண்ட மரச்சட்டம் - boom
நீர் ஊடுருவும் தன்மை - infiltration
நீர் எதிர்க்குத் தோல் - water-repellant leather
நீர்க்கசியும் பகுதி - pervious zone
நீர்க்கசிவற்ற பகுதி - impervious zone
நீர்க்காப்புத் தோல் - water resistant leather
நீர்க்குழாய் மண்டலம் - water vascular system
நீர்ச்சுழற்சி - whirlpool
நீர்த்த - diluted
நீர்த்தி - diluent
நீர்ப்பிடிப்பு - catchment
நீர் மண்டலம் - hydrosphere
நீர் மூழ்கிச் சைகை நிறுவனம் - submarine signal company
நீர்மூழ்கு மின்னோடி - submersible motor
நீரடி ஒலிவாங்கி - hydrophone
நீராற்பகுப்பு - hydrolysis
நீராற்றல் செயல்முறைமை - hydraulic mechanism
நீரியல் சுழலி - hydraulic turbine
நீரிறக்கம் - dehydration
நீரேற்றம் - hydration
நீலப்பச்சைப்பாசி - blue green algae
நீல வரைபடம் - blue print
நீள் தன்மை - tensitivity
நீள் நிறமாலை - linear spectrum
நீள்வட்டத் தொகையினை - elliptic integral
நீள்வட்டப்பாதை - elliptic path
நீள் வட்ட வடிவக் கண்ணாடி - glass spheroid
நீள்வாழ் ஆற்றல் செறிவு - long life energy rich
நுண் இழைமை - texture
நுண் உறுப்பு - organelle
நுண் குவைய இயக்கவியல் - quantum mechanics
நுண் குழல் - tubule
நுண்ணலைகள் - microwaves
நுண்ணளவு - microscopic
நுண்ணிய விண்கற்கள் - micrometeorites
நுண்ணுணர்வற்ற - non-sensitized
நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்து, உயிர் எதிர்மங்கள் - antibiotic
நுண்திவலையாக்கி - atomizer
நுண்துளை - porous
நுண்துளைச் சில் - madreporite
நுண்படச்சுருள் - microfilm
நுண்புழைத் தன்மை - capillarity
நுண்ம மிதவைத் தாவர உயிரி - phytoplankton
நுண் வகைப்படுத்துதல் - differentiation
நுண் வழித்தகடு - microchannel plate
நுரைக்கும்படி செய்தல் - frothing
நுரை தடுக்கும் பொருள் - antifoaming agent
நுரையீரல் காட்டி - bronchoscope
நுனி நா நுனியண்ண ஒலிகள் - apico-alveolar
நுனி நாவொலிகள் - apicals
நுனி வளர்ச்சி - apical growth
நூல் சுரப்பிகள் - spinning glands
நெகிழ்வுத் தகைவு - yield stress
நெட்டலைகள் - longitudinal waves
நெட்டாங்கு - longitude
நெடுக்கு முனைவாக்கம் - longitudinal polarization
நெம்புகோல் - lever, pawl
நெம்புருள் - cam
நெடுக்க அளவு - consistency
நெருங்கு நொறுங்கு கற்படிவு - breccia
நெல் தானியங்கள் தூற்றும் எந்திரம் - paddy winnowing machine
நெளிதல் - buckling
நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம் - paddy threshing machine
நேர் இடவலச் சமச்சீர் - positive parity
நேர் எதிர்மாற்ற வடிவொப்பு - inversion symmetry
நேர்க்கோடு எதிர்பாடு - line reversal
நேர்கோட்டு ஒட்டுறவு - linear correlation
நேர்கோர்த்தல்கள் - monomorphisms
நேர்த் தூண்டல் விளைவு - positive inductive effect
நேர்திசை மின்னோட்டம் - direct current
நேர் பண்பு - linearity
நேர்ம உலோக அயனிகள் - positive metallic ions
நேர் எண்கள் - positive numbers
நேர்ம மேல் பின்னடைவு - positive superscript

நேர்மறை ஒட்டுறவு (அ) நேரிடைத் தொடர்பு - direct or positive correlation
நேர்மின் துளை - hole
நேர் மின்வாய், நேர்மின்முனை - anode
நேர்முக தொடர்பு - positive correlation
நேர் விகிதம் - direct proportion
நேரங்காட்டி - timer
நேரடி முறை - direct method
நேரயனி, நேர் மின் அயனி - cation
நேரிடை சூடேறும் எதிர்மின்வாய் - directly heated cathode
நேரிணை - conjugate
நேரியஓட்டம் - laminar flow
நேரியல் அமைப்புகளின் தீர்வு - solution of linear system
நேரியல் அமைப்பு மாற்றம் - linear mappings
நேரியலற்றசமன்பாடு - nonlinear equation
நைட்ரோ ஏற்றம் - nitration
நொதி - enzyme
நொறுங்கும் தன்மையுடைய - brittle
நோக்கி - finder
பக்க இணைப்பு - shunt connection
பக்கவாட்டில் சரிதல் - yawing
பக்கவாட்டு - lateral
பகல் இரவுப்பொழுது - light-dark period
பகலுக்குரிய - diurnal
பகா எண்-prime number
பகிர்வுத் தட்டு - distributor plate
பகுதி, தொகுதி - numerator
பகுதி அயனிப் பண்பு - partial ionic character
பகுதி உருக்கல் - zone melting
பகுதி ஒட்டுறவு - partial correlation
பகுதி கடத்தி - semi conductor
பகுதி சூரியன் மறைப்பு - partial solar eclipse
பகுதி வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்ப்பு - solution of partial differential equation
பகுதி வகையீடல்கள் - partial differentiation
பகுமுறைச் சார்பெண் - analytic function
பங்கீட்டு விதி - distributive law
பச்சையம் - chlorophyll
பசுங்கணிகம் - chloroplast
பசுந்தாள் உரங்கள்-green manure
பட்டகம் - prism
பட்டை - band
பட்டைக்குழு - belt group
பட்டை கூம்பு, கூம்பு பட்டகம் - pyramid
படலப்பாறை - schist
படலம் - film
படலமின்கலம் - barrier layer cell
படிக்கட்டு ஏணி - step ladder
படிக அணிக்கோவை - crystal lattice
படிக உருவில்லா - amorphous
படிகக் கீற்றணி - crystal grating
படிகம் - crystal
படிகமாக்கல் - crystallisation
படிகவியல் - crystallography
படித்தர அதிர்வெண் மூலம் - standard frequency source
படித்தான ஊடகம் - homogeneous medium
படிமப்பொருள் - precipitinin
படிமம் - model
படிமலர்ச்சி - evolution
படிம மேற்படுத்தல் precipitation
படிவடிவ ஒளி விலகல் எண் - stepped refractive index profile
படிவு - layer
படிவு வேகம் - settling velocity
படுகோணம் - angle of incidence
பண்பறி பகுப்பாய்வு - qualitative analysis
பணி மிகைப்பி - operational amplifier
பணிவு நிலை - submissive
பத்தில் ஒரு பல்லடுக்குக்கோவை - polynomial in 10
பதங்கமாதல் - sublimation
பதனிடுதல் - processing
பதிலி - substituent
பதிலீடு - substitution
பதின்மமுறை - decimal system
பயன் தொடக்க ஆற்றல் - threshold energy
பயன்பாட்டு எண்கணிதம் - applied arithmetic
பயன்பாடு - utility
பயான் - pion
பயிர்-களைப் போட்டித்தன்மை - crop weed competition
பரப்பு காண்பி - range finder
பரப்புகாண்வாய்பாடுகள் - quadrature formulae
பரவல் - diffusion
பரவல் மாறிலிகள் - propagation constants
பர வளைய - parabolic
பரவுகை (அ) பரவல் - distribution
பராமரிப்பு - maintenance
பரிமாற்று ஆற்றல் - exchange energy
பரிமாற்றுப் பிணைப்பு எண் - exchange coupling
பரிமாற்று விதி - commutative law
பரிமாற்று வளையம் - commutative ring
பருத்தி விதை பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம் - cotton seed-delinting machine
பரு நோக்கு முறை - stereoscopy
பருப்பொருள் - matter
பருமப்பெயர்ச்சி - volume shift
பருமம் – volume
பருமனறி பகுப்பாய்வு - volumetric analysis
பருவகால இடப்பெயர்வு - seasonal movement
பல் சக்கரம் – gear
பல்லிடை ஒலிகள் - apico interclental
பல்லிதழ் ஒலி - labio dental

பல்லுறுப்பாக்கம் - polymerisation
பலஅறைகளுடைய - plurilocular
பலகட்ட எக்கி - multistage pump
பலகம் - slab
பலசெல் உயிரிகள் - metazoa
பலதரப்பட்ட ஒட்டுறவு - multiple correlation
பல தறுவாய் - polyphase
பலவழி மின் அதிர்வாண்கள் - multi vibrators
பவளம் - coral
பழக்கூழ் - fruit pulp
பழங்கொள்கை - classical mechanics
பழுப்பு நிலக்கரி - lignite
பள்ளம் - groove
பளிங்குக் கல் - marble
பளுதூக்கி - hoist
பளுவை மேலே தூக்கும் எந்திரம் - hoisting winch
பற்களற்றவை - edentata
பற்றாசிடல் - brazing
பற்று - catch
பற்றுக்கொடி - climber
பற்றும் கம்பி - tendril
பற்று வேர்கள் - clasping or clinging roots
பறக்குத்தசை - flight muscle
பறக்கும் ஏவுகணை - flying missile
பறக்கும்.பல்லி - draco
பன்முனை - multipole
பன்மை வகை - multimode
பன்னிறமுணர் - panchromatic
பனிக்கட்டி - avalanche
பனிச்செடி - ice plant
பனிப்பருவு மொட்டுகள் - winter buds
பாகுத்தன்மை - viscosity
பாசனப்பகுதி - ayacut
பாசிப்பெருக்கம் - algal bloom
பாதமூடி - pedal disc
பாதரச ஏற்றம் - mercuration
பாதரசம் திரியாதல் - tailing of mercury
பாதுகாக்கும்பொருள் - preservative
பாதுகாப்பான் - preservative
பாதை - loci
பாதைச் சுழற்சி - orbital motion
பாய்மங்கள் - fluids
பாயக்கசிவு – fiux leakage
பாயும் விண்மீன்கள் - shooting stars
பார்வை - vision
பார்வை இடம் - eyepiece
பார்வை குவிதல் - ocular convergence
பாரம் தூக்கி - crane
பால் நிர்ணயம் - sex determination
பால்மம் - emulsion
பால்வெளி - milky way
பாலினக்குறி - sexual sign
பாலினஞ்சாரா இனப்பெருக்கம் (அ)
பாலிலா இனப்பெருக்கம் - asexual reproduction
பாலேடு நீக்கி - cream separator
பாலைச் சூடாக்கித்தூய்மை செய்யும் கருவி - pasteurizer
பாறைக்குழம்பு - magma
பாறைப் பகுப்பியல் - petrography
பிசின் - resin
பிசின் வடிதல் - gummosis
பிடித்துண்ணும் (அ) கொன்றுண்ணும் - predaceous
பிடிப்பு நீளம் - anchorage length
பிணைக்கட்டை - batten
பிணைப்பு ஆற்றல் - binding energy
பிணைப்பு ஆற்றல் - bond energy
பிணைப்புத்தகைவு - bond stress
பிணைப்பு நீளம் - bond length
பிணைவு – cohesion
பிதுக்கங்கள் - projections
பிம்பப் பிறழ்ச்சி - image aberration
பிம்ப வீழ்த்தி - projector
பிரதிநிதி - representative
பிராக்கின் விதி - bragg's law
பிராக் படிக நிறமாலை மானி - bragg crystal specbiometer
பிரித்தல் - sorting
பிரித்துக்காட்டும்திறன், பகுதிறன், பிரிதிறன் - resolving power
பிரிப்பு - resolution
பிரையோசோவா - bryozoa
பிழிந்து எடுத்தல் - expression
பிளவு - cleavage
பிளவுப்பகுதி - rift zone
பிளவுறுதளம் - cleavage plane
பிறழ்ச்சி – aberration
தாழ்நிலை (அ) பின்நிலை - lagging
பின்பற்றி - follower
பின்பிரிவுக் கட்டம் - back staging
பின்னக்கீழெண் - denominator
பின்னம் - fraction
பின்னல் - lacing
பின்னல்சட்டம் - lattice
பின்னுந்தம் - recoil
பீங்கான் - porcelain
பீட்டா உமிழ்வான் - beta emitter
புகை மிகு நிலக்கரி - bituminous coal
புடக்குகை - crucible
புத்தழகு குவார்க் - charmed quark
புதை வடிவச்சான்று - fossile evidene
புதைப்படிவு எரிபொருள் - fossil fuel
புரதம் - protein
புரிமுடுக்கி - spanner
புரையுடலிகள் porifera

புரோட்டான் ஏற்றம் - protonation
புல் எண்ணெய் - grass oil
புல் எலி - grass rat
புல அயனி நுண்ணோக்கி - field in microscope
புலச்செறிவு - field intensity
புலம் - field
புலன் - sensor
புவி அகலாங்கு - geo latitude
புவிப்புறணி - earth mantle or crust
புவியீர்ப்பு விதி - laws of gravitation
புழுக்கூடு - cocoon
புள்ளிக்கண் - ocellus
புள்ளிக்கோலம் - pattern of spots
புற ஊதா - ultraviolet
புற ஊதாக்கதிர் - ultra violet ray
புற ஊதாக் கதிர் வீச்சு - ultra violet radiation
புற ஊதாப்பகுதி - ultra violet region
புற ஒட்டுண்ணி - ectoparasite
புறக்காரணி - external factor
புறச்சட்டகம் - exoskeleton
புறச்சமனம் - external compensation
புறப்படை - epidermis
புறப்பரப்பு பொலிவு - surface brightness
புறப்புடைப்பு - tubercle
புறப்புல்லி - epicalyx
புற வீழ்படிவாக்கம் - post precipitation
புனைவுருத்தோற்ற அடித்தளம் - phantom bottom
பூக்கும் தாவரம் - angiosperm
பூச்சிக்கொல்லி - pesticide
பூச்சிகள் - insecta
பூச்சியம் - zero
பூசணத்தோட்டம் - fungal garden
பூசணம், காளான் - fungus
பெயர்ச்சிப்பிளவு - fault
பெரணி - fern
பெரிய அரசி எறும்பு - macrogyne
பெரிய அரச எறும்பு, (அ) பெரிய ஆண் எறும்பு - macroaner
பெரிய இடைச்சுவர் - macroseptae
பெரிய தொழிலாளி எறும்பு - macroergate
பெருங்கரடி மண்டலம் - ursa-major
பெருஞ்சுரப்பி - parotid
பெரும் தொகுதிகள் - major phyla
பெருமம் - maximum
பெரும மீன் குஞ்சு - fingerling
பெஸ்ஸலின் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்புக்காண் வாய்பாடு - bessels central difference quadrature formula
பேரண்டம் - universe
பேரளவு - macrosopic
பேரினம் - genus
பேரொலியியல் - macrosonics
பை - bladder
பைரினாய்டு - pyrenoid
பொங்கூசிப்பாறை - stalagmite
பொசுக்குதல் - incineration
பொதிகைச் சிற்பம் - frieze
பொதியுறை - capsule
பொது அயனி விளைவு - common ion effect
பொதுக்கழிவாய் - cloaca
பொய்க்கனி - false drape
பொய்க்குமிழ் - pseudobulb
பொருண்மை - mass
பொருத்தமான வரிசைத்தொடர் - exact sequence
பொருத்தி - fixture
பொருள் அலை - matter wave
பொருளருகுவில்லை, பொருள் - objective lens
பொருளற்ற ஒட்டுறவு - nonsense correlation
பொலிவுப் பரிமாணம் - magnitudes
பொலிவுப்புலக் குறுக்கு வடித்தல் - bright field cross filter
பொறி - spart
பொறி உணவு - bait
பொறி உணவுக் கூச்சம் - bait shyness
பொறிக்கல ஓடல் காட்டி - spark chamber hodoscope
பொறிப்பு முறை - gravure
பொறுக்குந்திறன் - endurance
போக்கு - trend
போட்டிமுறை - competition
போராளி எறும்பு - dienergate
போலி அடித்தளம் - false bottom
போலி உடற்குழி - pseudocoelom
போலி ஒட்டுறவு - spurious correlation
போலி ஒரு மூலக்கூறு வினை - pseudo unimolecular reaction
போலி ஒற்றைச்சரிவுப் படிகம் - pseudo mono cline
போலிக்கால் - pseudopodium
போலித்தனம் - mimicry
போலியான நிலைத்த நிலை - metastable state
மக்காச்சோளம் - corn
மகரந்தக்குழாய் - pollen tube
மகரந்தச்சேர்க்கை - pollination
மகுடம், முடி - crown
மச்சிறக்கம் – cave
மசகு எண்ணெய் - lubricating oil
மசகெண்ணெய் - lubricant
மட்டுகளின் வகையினங்கள் - categories of modules
மட்டுப்படுத்தி - moderator
மடக்கை - logarithm
மடக்கை அளவுகோல் - logarithmic scale
மடக்கை-மடக்கைத்தாள் - log-logpaper
மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி - repeater synchro
மடை, வடிமுனை - tap

மண்டலத்தட்டு - zone plate
மணச்சுரப்பி - scent gland
மணமூட்டி - deodorant
மணல் கலந்து விசிறுதல் - broadcasting
மணற்குன்று - sand dune
மரபியல் - genetics
மரபியல் பொறியமைப்பு - genetic device
மருட்சி - phobia
மரையாணி - bolt
மலப்புழை - anus
மலப்புழைச்சுரப்பி - anal gland
மலருக்கு அப்பாற்பட்ட - extra floral
மறிநிலைப்படிவம் - negative
மறுதோன்றி கல்லச்சு முறை - offset lithography
துலங்கல், ஏற்புத்திறன் மறுவினை - response
மறைமுக சூடேறும் எதிர்மின்வாய் - indirectly heated cathode
மறைமுகப்பகுப்பு - mitosis
மறையா விண்மீன்கள் - circumpolar stars
மாசு நீக்கி - detergent
மாடிக்கட்டு - staircase
மாதிரி - sample
மாய எண்கள் - magic numbers
மார்பகம் - breast
மார்பு - thorax
மார்பு வலி - angina
மாவுப்பொருள் - starch
மாற்ற மறிப்பு - transfer impedance
மாற்றி - converter
மாற்றியம் - isomer
மாற்றியமாக்கல் - isomerisation
மாற்றொலிகள் - allophones
மாறிகள் - variables
மாறிலிகள் - constants
மாறுதிசை மின்னோட்டம் - alternating current
மாறுநிலை அதிர்வெண் - critical frequency
மாறுநிலைக்கோணம் - critical angle
மாறுநிலைப்புள்ளி - critical point
மாறுநிலை பகல் அளவு - critical day length
மாறுபட்ட உருப்பெருக்கம் - anamorphotic
மாறுபக்க - trans
மாறு மின்னோட்டம் - alternating current
மாறுமின்தேக்கி - variable capacitor
மாறுவிண்மீன்கள் - variable stars
மாறொளிரி விண்மீன் - pulsar
மிகு உணர்வுள்ளவை - hypersensitivity
மிகு ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாடு - over dominance-hypothesis
மிகு பகல் தாவரங்கள் - long day plants
மிகு தெவிட்டிய நிலை - super saturated
மிகுநுண்படிகம் - cryptocrystalline
மிகை ஆற்றல் - positive energy
மிகைக் கட்டுப்பாடு - gaincontrol
மிகைப்பி - amplifier
மிகை வலிமை எஃகு - high strength steel
மித ஒளியுள்ள - twilight
மிதவலிமை எஃகு - medium tensile steel
மிதவைத்தொட்டி - towing tank
மிதவையுயிரி - plankton
மியுவான் - muon
மின்ஆக்கி - generator
மின் உணர்திறன் - current sensitivity
மின் ஒளிர்வு - electro luminescence
மின்கடத்தா இடைப்பொருள் - dielectrics
மின்கடத்துமை - electrical conductivity
மின்கடவா மாறிலி - dielectric constant
மின்கலம், சிறுகலன் - cell
மின்காந்த அலை உறிஞ்சி - electromagnetic absorber
மின்காந்த அலைகள் - electro magnetic waves
மின்காந்த அலை நிறமாலை - electromagnetic-spectrum
மின்காந்தக் கருவி - electromagnetic device
மின்காந்தக் கோட்பாடு - electromagnetic theory
மின்காந்த கதிர் - electromagnetic radiation
மின்சார முடுக்க அளவி - accelerometer
மின்செலுத்து கோபுரம் - power transmission tower
மின்தடை - resistance
மின்திரட்டி - commutator
மின்திருத்தி - rectifier
மின்துடிப்பு - electrical impulse
மின்தேக்கி - capacitor
மின்தேக்கி - condenser
மின்நிலைமம் - inductance
மின்பகுளி, மின்னாற்பகுபொருள் - electrolyte
மின்பொறி எரிபற்றுப்பொறி - spark ignition engine
மின்பொறி இடைவெளி - spark gap
மின்மறிப்பு - impedance
மின்மாற்றி - transformer
மின்மினிப்பூச்சிகள் - fire flies
மின்முனை - electrode
மின்முனை அழுத்தம் - electrode potential
மின்வாயில் - electric source
மின்வில்லை - electric lens
மின்வெப்பத்தட்டு - hot plate
மின்னகம் - armature
மின்னணுக்கள் - electrons
மின்னணுவியல் துறை - electronics
மின்னழுத்தம் - voltage
மின்னழுத்தமானி - voltmeter
மின்னழுத்த வேறுபாடு - potential difference
மின்னியக்கு விசை - electromotive force
மின்னிறக்கம் - discharge
மின்னூட்டம் - feed back
மின்னொளி - flash

மின்னோட்டமானி - ammeter
மின்னோடி - motor
மினுக்கொளி - wink
மினுமினுப்பு எண்ணி - scintillation counter
மீ ஒளிர் மீன்கள், சி[illegible]வுறு ஒளிர்விண்மீன்கள் - super novae
மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு - minor ecliptic limit
மீட்சி தன்மை - elastic property
மீட்பாக்கம் - regeneration
மீண்டும் செய்தல் முறை - iterative method
மீண்டு வரும் நேரம் - recovery time
மீ நுண்ணோக்கி - ultra microscope
மீநுண் மட்டங்கள் - hyperfine
மீப்பெரு மறைப்பு வரம்பு - major ecliptic limit
மீவளி மண்டலம் - stratosphere
மீ விசும்பாய்வு ஏவூர்தி - sounding rocket
மீவொட்டுண்கை - hyperparasitism
மீ வொட்டுண்ணி - hyperparasite
மீள்படிப்பகுப்பு - cascade
மீன்கூட்டம் - shoal
மீன்கொத்தி - king fisher
முக்கோணச் சார்புகள் - trigonometric functions
முகங்கள் - faces
முகப்பு நிலை, நிலைகொள்ளுதல் - orientation
முழுச் சூரியன் மறைப்பு - total solar eclipse
முட்டு - strut
முட்தோலிகள் - echinodermata
முடிவில்லா அலை ஒழுங்கு வரிசை - infinite oscillating sequence
முடிவிலி - infinity
முடிவிலி எல்லைகள் - infinite limits
முடிவுள்ள அலை ஒழுங்குவரிசை - finite oscillating-sequence
முண்டு - nodule
முத்தருவாய் உள்தருகை - three phase supply
முதல் நிலை ஆக்கிகள் - primary producers
முதல் வரிசை வினை - first order reaction
முதற்பாலூட்டிகள் - prototheria
முதன்மை நிலை - parent state
முதுகுத்துடுப்பு - dorsal fin
முதுகுப்பக்க முகடு - dorsal crest
முதுகெலும்பற்றவை - invertebrata
முப்படி - trimer
முப்பரிமாணப்பட சோனார் - holographic sonar
முப்பரிமாணம் - three dimension
முப்பரிமாண மாற்றியம் - stereo isomerism
முப்பரிமாண வேதியியல் - stereo isomer
மும்மடி மூலம் - cube root
முரண்மாறி சார்பன் - contravariant functor
முரணியசீமன் விளைவு - anomalous seaman effect
முலைக்காம்பு பேஜட் நோய் - paget disease of nipple
முரணிய நிறப்பிரிகை - anamolous dispersion
முழு அகப்பிரதிபலிப்பு - total internal reflection
முழு எண்கள் - integers
முழுத்திண்ம கரைத்தன்மை - solid solubility
முழு நீர்மைக் கரைதன்மை - liquid solubility
முழு பதித்தல் - full embedding
முழுமதி (அ) பௌர்ணமி - full moon
முழு மறைப்பு - total eclipse
முழுமைத்தொகுதி - population
முழுமைப்பகுதி - integral part
முழு வகையீடல் - total differentiation
முள் - denticle
முள்ளெலும்பு - vertebra
முறுக்கப்பட்ட கம்பி - twisted bar
முறுக்கலைவுகள் - torsional vibrations
முறைக்கு மாறான - anamolous
முன் இயோசீன் காலம் - lower eocene
முன் கணிகம் - proplastid
முன் சூடாக்கி - pre heater
முன்மேல் தாடை எலும்பு - premaxillary
முன்னுயிரிகள் - protozoa
முன்னிரைப்பை - proventriculus
முன்னோடி நெஃப்ரீடியம் - protonephridium
முனை இணைத்தளக் கதிர்கள் - meridional rays
முனைப்பான - acute
முனை வலிமை - pole strength
முனைவாக்கம் - polarization
முனைவுடை - polar
முனைவுடை தள ஒளி - plane polarised light
மூக்குத்தண்டு - snout
மூச்சு உள்ளிழுத்தல் (இ) உட்சுவாசம் - inhalation
மூச்சுக்குழல் - trachea
மூலக்கரைசல், தாய்க்கரைசல் - mother liquor
மூலக்கரைசலில் ஊறவைத்தல் - ageing
மூலக்கூறு அகக்காந்தப்புலம் - internal molecular field
மூலக்கூறு இறைப்பான் - molecular pump
மூலக்கூறு சுழற்சி - molecular rotation
மூவடுக்குடைய - triploblastic
மூவிணைதிறன் - trivalent
மூவினைய - tertiary
மூளை உறையழற்சி - meningitis
மூன்றடுக்குகளாலான - trilaminar
மெசான் - meson
மெத்திலேற்றம் - methylation
மெய்யெண்கள் - real numbers
மெருகெண்ணெய் - lacquer
மெல்லிழை - varnish
மெல்லிய கோடு - filament
மெல்லுடலிகள் - mollusca
மெல்லும் வகை - chewing type
மெலிப்பான் - attenuator
மெலிமை விகிதம் - slenderness ratio

மென்மெருகிடும் கல் - honing stone
மேக அறை - cloud chamber
மேப்படிவிட்டம் lintel
மேல் அண்ணம் - palate
மேல் குவார்க் - up quark
மேல் தாடை எலும்பு - maxillary
மேல் தோல் - cuticle
மேல் வரம்புள்ள - bounded above
மேலாண்மை - management
மேலுதடு - labrum
மேற்கூடு - case
மேற்பாக குவார்க் - top quark
மேற்பூச்சு வண்ணம் - paint
மேற்பொருந்தா - nonsuperimposable
மையச்சீர்மையுடையபடிகம் - centro symmetric - crystal
மைய செங்குத்துத்தளம் - meridional plane
மைய மறைப்பு - central eclipse
மையவிலக்கு விசை - centrifugal force
மைய விலக்குவிசை எக்கி - centrifugal pump
மொட்டு விடுதல் - budding
மொத்த ஒளிவிளக்கப்பாயம் - total luminous flux
மொத்தப்பரப்பு - gross area
மோதல் வேகம் - collision velocity
மோதுதல் - impinge
மோப்ப உறுப்புகள் - organs of smell
யூக்ளினா - euglena
யூரிக் அமிலம் - uric acid
ராணுவ எறும்பு - army ant
ரேடியோ ஒலி மிதவை - radio sonobuoy
ரைபோசோம் - ribosome
லிப்பிட் - lipid
லெப்டான் - leption
லெப்பிடோசைரன் - lepidosiren
வகு எண் - divisor
வகுஎண்கோட்பாடு - division theory
வகைக்கெழு - derivatives
வகைப்பாடு - classification
வகையீட்டுக்கெழு - differential coefficient
வட்ட அமைப்பு - whorled
வட்ட அரங்கு - arena
வட்ட ஈரொளிப்பிறழ்வு - circular dichroism
வட்டக்கூறு இயல்பு - sectoral nature
வட்டச்செதில் - cycloid scale
வடம் - cable
வடிகட்டி, வடிப்பான் - filter
வடித்துண்ணல் - filter feeding
வடித்தாள் - filter paper
வடிவக்கணிதம் - geometry
வடிவம் - shape
வடிவமைத்தல் நீளம் - development length
வடிவமைப்பு - design
வடிவொப்புமை விகிதம் - ratio of similitude
வண்ணத்துப்பூச்சி - butterfly
வண்ணப் பார்வை - colour vision
வணரி - crank
வணரித்தண்டு - crank shaft
வயிரப்பகுதி - heart wood
வயிற்றுப்பின்பகுதி - gaster
வயிற்றுப்புறத்துடுப்பு - ventral fin
வயிற்று முன்பகுதி - petiole
வரம்புச் செயலிகள் - boundary operators
வரி, விலா எலும்பு, பழுவெலும்பு - rib
வரி அச்சு - orthoaxis
வரி உருளை - flutted roller
வரிக் கண்ணோட்டம் - scanning
வரிகளாக வார்க்கும் வகை - lino type
வரிச்சுருள் - solenoid
வரிசைப்படி அமைப்பு - hierarchical structure
வரிப்பட்டகம் - orthoprism
வரிப்பாறை - gneiss
வரியமைப்பு - striation
வரையற்ற பாகை - degrees of freedom
வல ஏற்றம் - right ascension
வலசை போதல் - migration
வலஞ்சுழியான - dextro rotatory
வலிமை குறைந்த வினை - weak interaction
வலிவூட்டி - reinforcement
வலுத்தொடர் - power series
வலை ஒண்முகிற்படலம் - network nebula
வலைப்பின்னல் - reticulum
வலைப்பின்னிகள் - web spinner
வழங்கி - donor
வழிநிலை வினை - secondary process
வழிப்படுத்தப்பட்ட ஏவுகணை - guided missile
வழிமுனை - apex
வளர் உருமாற்றம் - metamorphosis
வளர்ச்சி இயக்கம் - growth movement
வளர்சிதை மாற்ற நீர் - metabolic water
வளர்சிதைமாற்றம் - metabolism
வளிம ஒண்முகிற்படலம் - gaseous nebula
வளிமண்டலம் - atmosphere
வளிமம் - gas
வளை - burrow
வளைகோட்டு ஒட்டுறவு - curvilinear correlation
வளைச்சரிவாக்கல் - chamfering
வளைதசைப்புழுக்கள் - annelida
வளை பலகைக் கலப்பை - mould board plow
வளை மூடி - dome
வளைய எண்ணி - ring counter
வளைய ஒண்முகிற்படலம் - ring nebula
வளையம் - ring

வளையமாக்கல் - cyclisation
வளையும் கட்டுறுப்பு flexural member
வளையும் தன்மை - flexible
வளைவு - curvature
வளைவு அலை - flexural vibration
வளைவு ஆரம் - radius of curvature
வளைவுக்குறை - field curvature
வளைவுத்திருப்புமை - bending moment
வனவியல் - forestry
வாய்ப்புறம் - oral side
வாயுக்குழல் - gas tube
வாரியடித்தல் - splashing
வால் எலும்பு - coccyx
வால் துடுப்பு - caudal fin
வால்விண்மீன் - comet
வால்விண்மீன் பிறழ்ச்சி - coma
வாலிழை - caudal filament
வாழ்க்கைச்சுற்று - life cycle
வாழ்நாள் - longevity
வாழும் தொல்லினம் - living fossil
வான் அலகு - saw blade
வான் இயற்பியல் - astrophysics
வான் ஒளிப்படம் - aerial photograph
வான்வழி இயங்கியல் - aerodynamics
வான்வழிச்செலவியல் - aeronautical
வான்வெளி அளக்கையியல் - aerial survey
வான ஆராய்ச்சியாளரின் செந்தர ஒளி - astronomer's standard candle
விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி மையம் - vikram sarabhai space centre
விகலைகள் - seconds of arc
விகிதமுறு எண்கள் - rational numbers
விகிதமுறா எண்கள் - irrational numbers
விகித முறா மூலம் - surd
விகித விளக்கப்படம் - ratio chart
விட்டம் - diameter
விடுநிலை மின்னணு-துளை இணைகள் - free electro-hole pair
விடுபடு திசை வேகம் - escape velocity
விண்கல் - meteorite
விண்ணுந்தி, ஏவூர்தி - rocket
விண்ணூர்திகள் - aircraft
விண்மீன் உணர்வான் - star sensor
விண்மீன்களின் இயக்கமும் அண்டத்தின் கட்டமைப்பும் - stellar movements and the structure of the universe
விண்மீன்களின் உள் அமைப்பு - internal constitution of stars
விண்மீன்குழு - constellation
விண்மீன் திரள் மாறிகள் - cluster variables
விண்வெளி, நேரம், ஈர்ப்புவிசை - space, time, gravitation

வித்துக்குடுவை - perithecia
வித்துக்கள் - -progagules
விதை தூர்ப்பி - furrow closer
விதை மூடாத்தாவரங்கள் - gymnosperms
விந்தகம் - testis
விந்து - sperm
விந்து நாளம் - vasdeferens
விந்துப்பை - seminal vesicle
விந்தைத்துகள் - strange particle
விம்மல் - beat
வியாழன் - jupiter
விரவல் - diffusion
விரவிய ஒளி - diffused light
விரி ஒழுங்கு வரிசை - divergent sequence
விரியல் குணகங்கள் - virial coefficients
விரிவடையும் அண்டம் - expanding universe
விரிவாற்றல் வீதம் - expansion ratio
விரிவுத்தொடர்வு - divergent sequence
விரைவில் ஆவியாகக் கூடிய - volatile
விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் நிலைப்பரிமாற்றம் - forbidden transition
விலக்கம் - deflection
விலக்க வீதம் - rate of deflection
விலகல் அளவியல் - refractometry
விலகல் கோணம் - angle of refraction
விலங்கினச் சிதல்கள் - zoospores
விலங்கு மிதவையம் - zooplankton
வில்லுமை - resilience
வில்லை - lens
வில்லைக்கூட்டமைப்பு - system of lenses
வில்லை துளைக்கட்டுப்பாட்டமைப்பு - lens aperture control
விழிவெளிப்படலம் - sclerotic coat
விளிம்புகள் - edges
விளிம்புப்பட்டை - flange
விளிம்பு விளைவு - diffraction
விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி - diffraction grating
விளைபொருள் - product
விறைப்பு - rigidity
விறைப்புத்தன்மை, உறுதி - stiffness
வினைப்பொருள் - reactant
வினையூக்க நீரேற்றம் - catalytic hydration
வினைவேக அளவு - reaction velocity
வினைவேகம் - reaction rate
வீச்சு - amplitude
வீச்சுப்பெருமம் - maximum amplitude
வீச்செல்லை - range
வீசு கதிர் ஆற்றலின் ஒளிர் வளமை - luminous efficacy of radiant power
வீழ்படிவாக்கி - precipitating agent, precipitant
வீழ்படிவு - precipitate
வீழல் வடிவகணிதம் - projective geometry

வெக்டர்கள் சிறப்பியல்பு - characteristic vectors
வெங்களி - ceramic
வெட்டுக்கிளிப்பூச்சி - locust
வெட்டும் கருவி - cutting tool
வெட்டும் தாடை - mandible
வெட்டு மின்னழுத்தம் - cut off voltage
வெட்டுமுகம் - section
வெடிக்கும் மாறுவிண்மீன்கள் - explosive variables stars
வெடித்துப்பிரிதல் - spalling
வெடிப்பஞ்சு - gun cotton
வெடிப்பு அலைகள் - explosive waves
வெடிவகை - explosive mechanism
வெண்சுடர் நிலை - incandescence
வெண்தோல் மாற்றம் - leukoplakia
வெந்நீருற்று - geyser
வெப்ப ஊற்றுக்கண் - hot spring
வெப்ப எலெக்ட்ரான் - thermo electron
வெப்ப ஏற்புத்திறன் - specific heat capacity
வெப்பக்கடத்தல் - heat conduction
வெப்பக்கதிர்வீசல் - heat radiation
வெப்பக்கதிரியக்கங்கள் - thermal radiations
வெப்பச்சரிவு - temperature gradient, thermal gradient
வெப்பச்சார்பு - subtropical
வெப்பநிலைப்பி - thermostat
வெப்பப் பதனிடுதல் - heat treatment
வெப்ப மண்டலக் கடல் - tropical sea
வெப்ப மண்டலம் - tropics
வெப்ப மலர்ச்சி - thermal blooming
வெப்ப மாற்றீடற்ற நிகழ்வு - adiabatic process
வெப்பமின் வெளியீடு, வெப்பஅயனி உமிழ்வு - thermionic emission
வெப்பவியக்கவியலமைப்பு - thermodynamical system
வெப்ப வெடித்தல் - thermal explosion
வெள்ளி - venus
வெள்ளெலி - gerbil rat
வெள்ளை குறுவிண்மீன் - white dwarf
வெளி - space
வெளி இயற்கணிதம் - exterior algebra
வெளிக்காட்டல் - exposure
வெளிக்கூடு - outer shell
வெளிச்ச அளவுமானி - exposure meter
வெளிச்சுவாசம் - expiration
வெளி புகுதிரை - exit pupil
வெற்றிடக்காப்பு - hollow protection
வெற்றிடம் - inflation
வேக அச்சு - speed axis
வேக ஆற்றல் பகுப்பு - kinetic energy partition
வேகத்தடுப்பான் - brake
வேக மாறிலி - rate constant
வேட்டை எறும்பு - hunting ant
வேத இலக்கியம் - vedic literature
வேதி இணைப்பு - chemical bond
வேதியியல் ஒளிர்வு - chemiluminescence
வேதியிய எதிர்ப்பு - chemical antagonism
வேர் அழுகல் - damping off
வேர் ஒட்ட வைத்தல் - root grafting
வேர் முடிச்சு நூற்புழு, நூற்புழு - nematode
வேலைச்சார்பு - work function
வேற்றணு வளைய - hetocyclic
வேற்றிடத்து வெளிவேர் - aerial adventitious roots
வேறுபாடு இயக்கம் - variation movement
வேறுபாடு - difference
வேறுபாடுள்ள சிற்றினம் - heteromorphic species
ஜீன் - gene
ஸ்கைலாப் ஏவுர்தி - skylab space craft
ஸ்டர்லிங்கின் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்பு காண் வாய்பாடு - stirling's central difference quadrative formula
ஹபிள் மாறு ஒளிர் ஒண்முகிற்படலம் - hubble's variable nebula
ஹார்மோன் - hormone
ஹாலோஜனேற்றம் - halogenation
ஹாலோஜனேற்றி - halogenating agent
ஹைட்ரஜன் நீக்கம் - dehydrogenation

கலைச்சொற்கள்

(ஆங்கிலம் – தமிழ்)

abacus – எண் சட்டம்
abbe condenser - குவிப்பு அமைப்பு
abelian category - அபீலியன் வகையினம்
aberration - பிறழ்ச்சி
abrasion - தேய்மானம்
absolute alcohol - தனி ஆல்கஹால்
absorption - உட்கவரல்
absorbtion coefficient - உட்கவர்குணகம்
absorption lines - உட்கவர் கோடுகள்
absorption spectrum - உட்கவர் நிறமாலை
abundance - ஏராளத்தன்மை
accelerator -ஆற்றல் முடுக்கம்
accelerometer – ஆற்றல் முடுக்க அளவி
accessory pigments - தொடரொளிகள்
accretion - கெட்டியாதல்
acceptor - ஏற்பி
acicular shape - ஊசிவடிவம்
acid - அமிலம்
acid-base titration - அமில-கார முறித்தல் அல்லது நடுநிலையாக்கவினை
acid constant - அமில மாறிலி
acidic lava – அமில எரிமலைக்குழம்பு
acoustic - ஒலித்தொழில் நுட்பவியல்
acoustical holography - ஒலிக்குறுக்கீட்டி முப்பரிமாணப்படவியல்
acoustical image - ஒலியியல் உரு
acoustical measurement - ஒலியியல் அளவீடு
acoustical reactance - ஒலி எதிர்ப்பு
acoustical resistance - ஒலித்தடை
acoustic energy – ஒலிச்சக்தி
acoustic impedance - ஒலிமறிப்பு
acoustic interferometer - ஒலிக்குறுக்கீட்டு அளவி
acoustic noise – ஒலியியல் இரைச்சல்
actinomorphy - ஆரச்சமச்சீர்
activators - தூண்டிகள்
active volcano - செயல்படும் எரிமலை
acute - முனைப்பான
acute poison – அன்றே கொல்லும் நச்சு
acylation - அசைலேற்றம்
adaptation – தகவமைப்ப
addition - சேர்க்கை
additive - சேர்க்கைப்பொருள்
adduct - ஒட்டுப்பொருள்
adhesion - ஒட்டுத்தன்மை
adhesive - ஒட்டும் பொருள்
adhesive disc - ஒட்டிக்கொள்ளும் தட்டு
adiabatic process - வெப்ப மாற்றீடற்ற நிகழ்வு
adipose fold - கொழுப்பு மடிப்பு
adrenal cortex - அண்ணீரகப் புறணி
adrenal medulla - அண்ணீரகஅகனி
adult - நிறையுயிரி
aeolian tones - எயோலியன் ஒலிகள்
aerial adventitious root - வேற்றிடத்து வெளிவேர்
aerial photograph - வான் ஒளிப்படம்
aerial survey - வான்வெளி அளக்கையியல்
aerobic - காற்றுள்ள
aerodynamics - வான்வழி இயங்கியல்
aeronautical - வான்வழிச்செலவியல்
ageing - மூலக்கரைசலில் ஊறவைத்தல்
agglutinin - ஒருங்கொட்டுப்பொருள்
aggression - தாக்கு நிலை
airbladder - காற்றுப்பை
aircraft - விண்ணூர்திகள்
airjet - காற்றுத்தாரை
alarm system - எச்சரிப்பு அமைப்பு
algal bloom - பாசிப்பெருக்கம்
algebra - இயற்கணிதம்
algebraic equation - இயற்கணிதச் சமன்பாடு
algin - ஆல்ஜின்
algorithum - கணிப்பு வழி
alignment - இணைப்பொருமை
alkali - காரம்
alkaloid - அல்க்கலாய்டு
alkylation – அல்க்கைலேற்றம்
allergy - ஒவ்வாமை
allophones - மாற்றொலிகள்
alloy - உலோகக்கலவை
alternating current - மாறு திசை மின்னோட்டம்
alternation of generations சந்ததிகள் மாற்றம்
altitude - உயரம்
altitude control system - ஏற்றக்கோண கட்டுப்பாடு அமைப்பு
ambulacral groove - இயக்க வரிப்பள்ளம்
amination - அமீனேற்றம்
ammeter - மின்னோட்டமானி
amorphous - படிக உருவமில்லா
amphibia - இருவாழ்விகள்
amplifier - மிகைப்பி
amplitude - வீச்சு
anal gland – மலப்புழைச்சுரப்பி

analog computer ஒப்புமைக்கணிப்பொறி
analog states - ஒப்பு நிலைகள்
analogous impedance - ஒப்புமை ஒலி மறுப்பு
analyser - ஆய்வி
analytic function - பகுமுறைச் சார்பெண்
anamolous - முறைக்கு மாறான
anamolous dispersion - முரணிய நிறப்பிரிகை
anamorphotic - மாறுபட்ட உருப்பெருக்கம்
anchorage length - பிடிப்பு நீளம்
androgenic gland - ஆண்பாலினச்சுரப்பி
andromeda galaxy - ஆன்றமேடா மண்டலம்
aner - அரச எறும்பு
angina - மார்புவலி
angiosperm - பூக்கும் தாவரம்
angle of incidence - படுகோணம்
angle of projection - எறிகோணம்
angle of refraction - விலகல் கோணம்
angle of rotation - ஒளி சுழற்றுக்கோணம்
angler fish - தூண்டில் மீன்
angular correlation - கோண ஒப்புரவு
angular deflection - கோணத்திருப்பம்
angular diameter - கோணவிட்டங்கள்
angular momentum - கோண உந்தம்
angular velocity - கோணத்திசைவேகம்
anion - எதிரயனி, எதிர்மின்அயனி
anisotropic coupling - திசையொவ்வாப்பிணைப்பு
annelida - வளைத்தசைப்புழுக்கள்
annihilation - அழிவு
annular - ஆண்டுதோறும்
annual aberration - ஆண்டு ஒளிப்பிறழ்ச்சி
annular solar eclipse - சூரியன் நடுமறைப்பு
anode - நேர் மின்முனை
anomalous seaman effect - முரணியசீமன் விளைவு
ant - எறும்பு
antagonism - எதிர்ப்பு
ant bear - எறும்புக்கரடி
anteater - எறும்பு
antenna - உணர்சட்டம், உணர்கொம்பு
antibiosis - எதிர்வாழ்வு
antibiotic - நுண்ணுயிர் எதிர் மருந்து, உயிர் எதிர் மங்கள்
antibodies - உயிரிக் கொல்லிகள்
antiferromagnetic - எதிர் அயக்காந்தத்தன்மை
antifoaming agent - நுரை தடுக்கும் பொருள்
antigen - எதிர்ப்பொருள்
anti hallation - எதிர்க்கும் ஹாலைடு
anti-isomorphism - எதிர் ஒப்புவடிவுடைமை
antiparticle - எதிர்த்துகள்
anti resonance - எதிர் ஒத்திசைவு
ant slavery - எறும்பு அடிமைத்தனம்
anus - மலப்புழை

anxiety - ஏக்கம்
aperiodic - சீரிசையற்ற
aperture - துளை
apetaly - அல்லியில்லாத்தன்மை
apex - வழிமுனை
aphid - அசுவினிப்பூச்சி
apical growth - நுனி வளர்ச்சி
apicals - நுனி நாவொலிகள்
apico alveolar - நுனி நா நுனியண்ண ஒலிகள்
apico domal - இடையண்ண ஒலிகள்
apicointerdental - பல்லிடை ஒலிகள்
aplantatic spheres - அப்ளநாட்டிக் கோளங்கள்
apocarpous - தனித்த கார்பெல்
apocarpy - இலைத்தன்மை
apparent direction - தோற்றத்திசை
apparent magnitude - தோற்றப்பொலிவு பரிமாணம்
apparent size - தோற்ற அளவு
appendix - குடல் வால்
applied arithmetic - பயன்பாட்டு எண்கணிதம்
approximation - தோராயம்
aquarius - கும்பம்
arcturus - சுவாதி விண்மீன்
arena - வட்ட அரங்கு
arithmetic - எண்கணிதம்
arithmetic operations - எண் கணிதச் செயல்கள்
arithmetic progression - கூட்டுத்தொடர்
armature - மின்னகம்
armillary spheres - ஆர்மிலிரி கோளங்கள்
armour - தடித்த கவசம்
army ant - ராணுவ எறும்பு
artery - தமனி
arthropoda - கணுக்காலிகள்
articulatory phonetics - உச்சரிப்பொலியியல்
asci - உள்வித்துக்கூடுகள்
ascospore - உள் வித்து
asexual reproduction - பாலினஞ்சாரா இனப் பெருக்கம் (அ) பொலிலா இனப்பெருக்கம்
asphalt - நிலக்கீல்
associative law - சேர்ப்பு விதி
asteriod - சிறுகோள்
astigmatism - உருட்சிப்பிழை
astronomer's standard candle - வான ஆராய்ச்சியாளரின் செந்தர ஒளி
astrophysics - வான் இயற்பியல்
asymmetrical - சமச்சீரற்ற
asymmetry - சமச்சீரின்மை
atmosphere - வளிமண்டலம்
atomic-co-ordinates - அணு அச்சுத் தொலைவுகள்
atomic energy - அணு ஆற்றல்
atomic magnetic moment - அணுகாந்தத் திருப்புத் திறன்

atomic number - அணு எண்
atomic scattering factor - அணுச்சிதறல் காரணி
atomic weight - அணு எடை
atomizer - நுண்திவலையாக்கி
atomizing gun - அணுவாக்கும் கருவி
attenuation - ஒலிச்செறிவு நலிவு
attenuator - மெலிப்பான்
auditory phonetics - கேட்டொலியியல்
auger effect - ஓஜோ விளைவு
augur electron - ஓஜோ எலெக்ட்ரான்
auricle - இதய மேலறை
auto ionisation - தன்னிச்சைத் துகள் பிரிதல்
automotic - தானியங்கி
automation - தன்னியக்கம்
automobile - தானியங்கி
autonomic movement - தன்னிச்சை இயக்கம்
auto transformer - ஒற்றை மின்மாற்றி
autumn - இலையுதிர் காலம்
auxin - ஆக்சின்
avalanche - பனிக்கட்டி
axial - அச்சு மைய
axial rotation - அச்சுச் சுழற்சி
axial structure - அச்சுக் கட்டமைப்பு
axile - அச்சொட்டு
axile placentation - அகச்சூல் அமைவு
axis - அச்சு
ayacut - பாசனப்பகுதி
azeotropic - கொதிநிலை மாறா
azinuthal quantum number - திசைக்கூறு எண்
back fire - எதிர்ச்சுடர்
back staging - பின்புரிவுக் கட்டம்
baffles - தடுப்புகள்
bait - பொறி உணவு
bait shyness - பொறி உணவுக் கூச்சம்
balancing organ - சமநிலை உறுப்பு
band - பட்டை
bar bender - கம்பி வளைப்போர்
bar bending schedule - கம்பி வளை பட்டியல்
barrier layer cell - படல மின்கலம்
basal - கீழ் ஒட்டு
basal pinacoid - அடி இணை வடிவப்பக்கம்
basal plate - அடித்தட்டு
basement - அடித்தளம்
basic lava - கார எரிமலைக்குழம்பு
batten - பிணைக்கட்டை
bear-guard - கரடிக்காப்பான்
bearing - தாங்கி
bearing stiffner - தாங்கு விறைப்பி
beat - விம்மல்
behaviour - நடத்தை
belt - கச்சை
belt group - பட்டைக்குழு
bending moment - வளைவுத்திருப்புமை
benthos - ஆழ்கடலுயிரிகள்
bent up bar - காய்வளை கம்பி
bessels central difference quadrature formula - பெஸ்ஸலின் மையவேறுபாட்டுப் பரப்புகாண் வாய்பாடு
beta emitter - பீட்டா உமிழ்வான்
betelgeuse - திருவாதிரை
bevel gear - சாய்வுப் பல்சக்கரம்
biaxial - ஈரச்சு
biaxial crystal - ஈரசசுப்படிகம்
biaxial pointing control - இருவிழி முனையாக்கக் கட்டுப்பாடு
bicomplex - இரட்டைக் கலப்பு
bilateral symmetry - இருபக்க சமச்சீர்
bimolecular dehydration - இருமூலக்கூறுசார் நீரகற்றல்
binary alloys - இரு உலோகக் கலவை
binary counter - இரும எண்ணி
binary star - இரும விண்மீன்
binary system - இரண்டன் முறை
binder - இணைப்பி
binding energy - பிணைப்பு ஆற்றல்
binoculars - இரட்டைக்குழல் தொலைநோக்கிகள்
bio-gas - எரி-வளிமம்
biological clock - உயிரிக்கடிகை
bioluminiscence - உயிரின ஒளிர்வு, உயிர் ஒளி உமிழ்தல்
biorhythm - உயிர் லயம்
biosphere - உயிர்க்கோளம்
birefringence - இரட்டை ஒளிவிலக்கம்
bisection algorithm - இரு பகுப்புக்கணிப்பு வழி
bisphere - இரட்டைக்கோளம்
bistable multi vibration - இருநிலை மின் அதிர்வான்
biting mouthparts - கடிக்கும் வாயுறுப்புகள்
bituminous coal - புகை மிகு நிலக்கரி
bituminous coating - தார்ப்பூச்சி
bladder - பை
blade - இலைப்பரப்பு
bladed - சீவல் அமைப்பு
blast furnace - காற்றுலை
blending oil - கலவைச்சாரம்
blood sucker - இரத்த உறிஞ்சி
blood worm - இரத்தப்புழு
blower - ஊதுலை
blow pipe - ஊதுகுழல்
blue green algae - நீலப்பச்சைப்பாசி
blue print - நீல வரைப்படம்
boityoidel - குமிழ்க்குவை வடிவம்
bolt - மரையாணி
bond energy - பிணைப்பு ஆற்றல்
bond length - பிணைப்பு நீளம்
bond stress - பிணைப்புத் தகைவு

boom - நீண்ட மரச்சட்டம்
booster - ஊக்கி
booster engine - ஊக்கிப் பொறி
booster-conslettatur - ஆயன் விண்மீன்குழு
boring - துளை விரிவாக்கம்
bottom quark - அடிப்பாக குவார்க்
boundary operator - வரம்புச் செயலி
boundary value - எல்லை மதிப்பு
boundary value problem - எல்லை மதிப்புக் கணக்கு
bounded above - மேல் வரம்புள்ள
bounded below - கீழ் வரம்புள்ள
brace - இடுக்கி
bracket - உறை
bragg crystal spectrometer - பிராக்படிக நிறமாலை மானி
bragg's law - பிராக்கின் விதி
brake - வேகத்தடுப்பான்
brazing - பற்றாசிடல்
breast - மார்பகம்
breccia - நெருங்கு நொறுங்கு கற்படிவு
breeding cycle - இனப்பெருக்கச் சுழல்
bright field cross filter - பொலிவுப்புலக் குறுக்கு வடித்தல்
brightner - ஒளிர்விப்பி
brightness - ஒளிர்வு
brittle - நொறுங்கும் தன்மை
broaching - கொந்துதல்
broaching tool - கொந்துளி
broadcasting - மணல் கலந்து விசிறுதல்
bronchoscope - நுரையீரல் காட்டி
brood pouch - அடைகாக்கும் பை
brush தொடி
bryozoa - பிரையோசோவோ
buckling - நெளிதல்
budding - மொட்டுவிடுதல்
buffing - கல்லடித்தல்
burrow - வளை
butterfly - வண்ணத்துப்பூச்சி
byproduct - துணைப்பொருள்
cable - வடம்
calculator - கணிப்பான்
calibrated - அளவிடப்பட்ட
calotes - ஓணான்
calyx - தலை
cam - நெம்புருள்
cambium ஆக்கத்திசு
camera - ஒளிப்படப்பெட்டி
cancer of the skin - எபித்தீலியோமா
canidae - நாய்க்குடும்பம்
canker - திட்டுநோய்
cannibal - தன்னினவுண்ணி
canopy துருத்து பலகம்
cantilever - தாங்கு நெம்புகோல்
capacitor - மின்தேக்கி
capillarity - நுண்புழைத் தன்மை
capsule - பொதியுறை
caraway oil - ஓம எண்ணெய்
carbanion - கார்பன் எதிர் அயனி, கரி எதிர் அயனி, கார்ப்ஆனயான்
carbonisation - கரியாக்கம்
carbonium ion - கார்பன் நேர் அயரி, கரி நேர் அயனி, கார்போனியதும் அயனி
carbon sekeleton - கார்பன் (அ) கரி கூடு
carburettor எரிகலப்பி
carburising கரியூட்டல்
carnivora - ஊனுண்ணி
carotene கெரோட்டின்
carpenter ant - தச்சன் எறும்பு
carpet - தரைவிரிப்பு, கம்பளம்
carrier - தாங்கி
carrier frequency ஊர்தி அதிர்வெண்
cartesion surface - கார்ட்டிசியன் பரப்பு
cascade - மீள் படிப்பகுப்பு
case - மேற்கூடு
caste - சாதி
catalyst - செயல் ஊக்கி, வினையூக்கி
catalytic hydration - வினையூக்க நீரேற்றம்
catch - பற்று
catchment - நீர்பிடிப்பு
categories of modules - மட்டுகளின் வகையினங்கள்
cathode - எதிர்மின்வாய்
cathode luminescence - எதிர்மின் ஒளிர்வு
cation - நேரயனி, நேர் மின் அயனி
caudal filament - வாலிழை
caudal fin - வால் துடுப்பு
cause and effect - காரண-விளைவுத் தொடர்பு
cavity - குழி
cell - மின்கலம், சிறுகலன்
cell division - செல் பகுபடுதல்
cell membrane - செல்புறச்சவ்வு
central eclipse - மைய மறைப்பு
central of symmetry - சமச்சீர்மை மையம்
centrifugal force - மைய விலக்கு விசை
centrifugal pump - மைய விலக்கு விசை எக்கி
centro symmetric crystal - மையச் சீர்மையுடைய படிகம்
cepheid - ஒளி மாறு விண்மீன்
ceramic - வெங்களி
cercadian rhythm - செர்க்கேடியன் நிகழ்வொழுங்கு
chain reacting - தொடர்வினை
chamfering - வளைச் சரிவாக்கல்
chapters - இயல்கள்
characteristic equation - சிறப்பியலபுச் சமன்பாடு
characteristic impedance - சிறப்பியல்பு மறிப்பு

characteristic line - தற்சிறப்பு வரி
characteristic roots - சிறப்பியல்புத் தீர்வுகள் (மூலங்கள்
characteristic vectors - வெக்டர்கள் சிறப்பியல்பு
charmed quark - புத்தழகு குவார்க்
charge - மின்னூட்டம், மின்னேற்றம்
charge independance - சமச்சீர்மை மின்சாராமை
check strut - காப்புச் சட்டம்
cheliped - இடுக்கிக் கால்
chemical anatagonism - வேதியிய எதிர்ப்பு
chemical bond - வேதி இணைப்பு
chemi luminescence - வேதியல் ஒளிர்வு
chewing mouthparts - சுவைக்கும் வாயுறுப்புகள் (மெல்லும்)
chewing type - மெல்லும் வகை
chips - துருவல்
chiral centre - சமச்சீரிலா மையம்
chirality - சீரிலாமை
chlorophyll - இலைப்பச்சை/பச்சையம்
chloroplast - பசுங்கணிகம்
choanichthyes - உள்மூச்சுத்துளையுடை மீன்கள்
choke - காற்றுக் கட்டுப்படுத்தி
cholestrol - கொலஸ்ட்ரால்
chondrichthyes - குருத்தெலும்பு மீன்கள்
chord - நாண்
chromatic aberration - நிறப் பிறழ்ச்சி
chromatography - நிறச்சாரல் பிரிகை
chromosphere - நிறமண்டலம், செந்நிறப்புரை
chronobiology - உயிரியல் காலம் காட்டி
cilia - குற்றிழைகள்
ciliary muscle - இமை உறுப்புத் தசை
cinder - எரிமலைக்குழம்புத் துண்டு
circular dichroism - வட்ட ஏரொளிப் பிறழ்வு
circumpolar star - மறையா விண்மீன்
cirri - காம்பு
cis - ஒரு பக்க
cisternae - சிஸ்டர்னேக்கள்
clam - சிப்பி
clarifier - தூய்மைப் படுத்தும் கருவி
clasping or clinging roots - பற்று வேர்கள்
classical mechanics - பழங்கொள்கை
classical physics - தொண்மை இயக்கவியல்
classification - வகைப்பாடு
claw - கூர்நகம்
cleavage - பிளவு
cleavage plane - பிளவுறுதளம்
climber - பற்றுக்கொடி
clino axis - சரிவு அச்சு
clinohedral class - சரிவுப்பட்டக வகை
cloaca - பொதுக் கழிவாய்
cloud chamber - மேக அறை
cluster variables - விண்மீன் திறள் மாறிகள்
clutch - ஊடிணைப்பு
coal gas - கரி வளிமம்
co-axial tube - ஓரச்சுக்குழாய்
coboundary - இணை வரம்பு
coccyx - வால் எலும்பு
cochain complex - இணைச் சங்கிலி கலப்பு
cocoon - புழுக்கூடு
cocycle - இணைச் சுற்று
code - குறியீடு
coefficient of determination - நிர்ணயக்கெழு
coelenterate - குழியுடலி
coelom - உடற்குழி
cohesion - பிணைவு
cohomology - இணை ஓரியல்பு
coil - சுருள்
collective oscillation - கூட்டதிர்வு
collimator - இணையாக்கி
collision velocity - மோதல் வெகம்
colloid - கூழ்மம்
colloidal solution - கூழ்மம் கரைசல்
colonoscope - ஈரல் காட்டி
colony - கூட்டிருப்பு
colostrum - சீம்பால்
colour vision - வண்ணப்பார்வை
columnar - தூண் வடிவம்
coma - வால்விண்மீன் பிறழ்ச்சி
combustible - எரி தன்மையுள்ள
combustion - கனற்சி. எரிதல்
combustion chamber - எரிகலம்
comets - வால்விண் மீன்கள்
commensalism - உடன் உண்ணுதல், கூட்டுவாழ்க்கை
common ion effect - பொது அயனி விளைவு
commutative law - பரிமாற்று விதி
commutative ring - பரிமாற்று வளையம்
commutator - மின் திரட்டி
compact space - அடர்த்தி வெளி
comparator - ஒப்பளவி
competence - ஆளுந்திறன்
competition - போட்டிமுறை
complementary -equalizer - இட்டு நிரப்பும் சமனி
complement fixation - நிரப்பி நிலைப்படுத்தல்
complex - கலப்பு
complex compound - அணைவுச் சேர்மம்
complex numbers - சிக்கலெண்கள்
complex vibrations - கூட்டு அதிர்வுகள்
composite numbers - கலப்பு எண்கள் (அ) பகுநிலை எண்கள்
composition - கட்டமைப்பு
compound beam - கூட்டு உத்திரம்
compound column - கூட்டுத்தூண்
compound eye - கூட்டுக்கண்
compression - அமுக்குவிசை

compression ignition engine – அழுத்த எரிப்பற்றுப் பொறி
compressor - அழுத்தி
computer - கணிப்பொறி
concave - குழிவு
concave octagon - குழிவு எண்கோணம்
concentrated - அடர்
concentrated load - செறிவுச்சுமை
concentration - அடர்வு, செறிவு
concentration quenching - செறிவுத் தணிப்பு
conchoidal fracture - சங்கு முறிவு
concrete - கற்காரை
concrete cover - கற்காரை ஓரத்திண்ணம்
condensation - குளிர்வித்தல்
condensation reaction - குறுக்க வினை
condenser - மின் தேக்கி
conduction band - கடத்தும் பட்டை
conduction time - கடத்தல் காலம்
conductor - கடத்தி
cone angle - கூம்புக்கோணம்
cone cell - கூம்புச் செல்
configuration - அமைப்புவசம்
conformal mapping - ஒருருவமாக்கல்
congruence - சர்வசமம் (அ) ஒருங்கிசைவு
conidia - இழை முடிச்சு
conidiophore - தூள் வித்துத் தண்டு
conjugate - நேரிணை
conjugated double bond - ஒன்றுவிட்ட இரட்டைப் பிணைப்பு
connecting link - இணைப்புப் பாலம்
connective tissue - இணைப்புத் திசு
conservation - சேமித்து வைத்தல்
conservation law - அழிவிண்மை விதி
conservation of parity - ஒப்பிண்மை மாறமை
consistency - நெருக்க அளவு
console - சுருதிக்கட்டை
constants - மாறிலிகள்
constellation - விண் மீன்குழு
construction - கட்டமைப்பு
contact metamorphism - தொடுகை உருமாற்றம்
continum - அலைத் தொடர், தொடராக்கம்
continuous dye laser - தொடர்சாய லேசர்
continuous function - தொடர்ச்சியான சார்பு
continuous light - இடையறா ஒளி
continuous spectrum தொடர் நிற நிறல்
contravariant functor - முரண்மாறி சார்பன்
control grid - கட்டுப்படுத்தும் மின்வாய்
control rod - கட்டுப்பாட்டுத்தண்டு
convergent sequence - ஒருங்கும் ஒழுங்குவரிசை, குவிவுத்தெடர்வு
converter - மாற்றி
convex lens - குவிவில்லை
convex octagon - குவிவு எண்கோணம்
coordination compound – அணைவுச் சேர்மம்
coping - ஆரல்
coprecipitation - உடன் வீழ்படிவாதல்
coral - பவழம்
core - உள் கூடு
core level - உள்ளகமட்டம்
cork - தக்கைக் காகிதம்
corn - மக்காச்சோளம்
corona - ஒளிர்மகுடம், ஒளிப்புரை
coronograph - ஒளி வளையவரைவி
corpuscular theory - துகள் கொள்கை
correlation - ஒட்டுறவு (அ) இடையுறவு
correlation coefficient - ஒட்டுறவுக்கெழு
correlation ratio - ஒட்டுறவு விகிதம்
cosmic rays - அணடக்கதிர்கள்
cotton seed delinting machine - பருத்தி விதை பஞ்சு நீக்கும் எந்திரம்
coulomb barrier - கூலுமின் தடை
coulomb field - கூலம் வெளி
countable - எண்ணுறத்தக்கது
counterglow - எதிர் ஒளி
counting circuit – மின்சுற்று
coupler – இணைப்பி
coupling - இணைப்பி
covalent bond - சகப்பிணைப்பு
covariance - உடன் மாறுபாடு (அ) இணைப்பரவற் படி
covariant functor - இணைமாறி சார்பன்
crab nebula - நண்டு வடிவ ஒண்முகிற்படலம்
cradle - அடிச்சட்டம்
crane - பாரம் தூக்கி
crane hoist ஒந்தித் தூக்கு
crane hook - ஒந்திக் கொக்கு
crank - வணரி
crank shaft - வணரித் தண்டு
cream separator - பாலேடு நீக்கி
critical angle - மாறுநிலைக்கோணம்
critical day length - மாறுநிலை பகல் அளவு
critical frequency - மாறுநிலை அதிர்வெண்
critical point - மாறுநிலைப் புள்ளி
crop weed competition - பயிர்-களை போட்டித் தன்மை
crossopterygii - கதுப்புத்துடுப்புடை மீன்கள்
cross pollination - அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை
cross ratio - குறுக்குத் தகவு
cross shaft குறுக்குத் தண்டு
crown - மகுடம், முடி
crown of tentacles - உணர்நீட்சிகளின் மகுடம்
crucible - புடக்குகை
crude oil - கச்சா எண்ணெய்
crustacea - ஓட்டுடலி

cryogenic - அதிகுளிர் பதனம்
crypto crystalline - மிகுநுண்படிகம்
crystal - படிகம்
crystal grating - படிகக் கீற்றணி
crystal lattice - படிக அணிக்கோவை
crystallisation - படிகமாக்கல்
crystallography - படிகவியல்
cube - கன சதுரம்
cube root - மும்மடிமூலம்
cuniform - ஆப்பு வடிவு
cuniform numerals - க்யுனிஃபார்ம் எண்குறிகள்
current sensitivity மின் உணர்திறன்
curtailment - குறைவெட்டல்
curvature - வளைவு
curvilinear correlation - வளைகோட்டு ஒட்டுறவு
cuticle - மேல்தோல்
cut off voltage - வெட்டு மின்னழுத்தம்
cutting tool - வெட்டும் கருவி
cuttle fish - கனவாய் மீன்
cyaniding - சயனைடு ஊட்டல்
cyclisation - வளையமாக்கல்
cycloid scale - வட்டச்செதில்
cylinder - உருளை
cyst - கூடு
cytoplasm - சைட்டோப்பிளாசம்
daily - நாள்தோரும்
daily rhythm - நாள் சார்ந்த நிகழ்வொழுங்கு
damping - ஒடுக்கம்
damping coefficient - ஒடுக்கல் குணகம்
damping off - வேர் அழுகல்
damp proof course - ஒதத்தடுப்பு அட்டி
damsel fly - ஊசித்தட்டான் பூச்சி
dark counts - இருள் எண்ணிக்கை
dark currents - இருள் மின்னோட்டங்கள்
dark reaction - இருள் வேதிச் செயல்
decade counter - தசம எண்ணி
decantation - தெளிய வைத்தல் (அ) இறுத்து வடித்தல்
deciduous - இலையுதிர் வகை
decimal system - பதின்ம முறை
declination - நடுவரை விலக்கம்
decline - சரிவு
decomposition - சிதைவடைதல்
deficiency - குறை
deflection - விலக்கம்
defocussing - குவியநீக்கம்
deformation - உருமாற்றம்
degrees of freedom - வரையற்றபாகை
dehydration - நீரிறக்கம்
dehydrogenation - ஹைட்ரஜன் நீக்கம்
denatured spirit - இயல்புநீக்கப்பட்ட ஆல்கஹால்
denominator - தொகுதி
denominator - பின்னக் கீழெண்
density - அடர்த்தி
denticle - முள்
deodorant - மணமூட்டி
dependant variable - சார்புடை மாறி
depth of focus - குவிய ஆழம்
dermal plate - தோல் தகடு
derivative - பெறுதி வழிச்சேர்மம்
derivative - வகைக்கெழு
desiccator - உலர்த்தும் பாண்டம்
design - வடிவமைப்பு
destructive distillation - சிதைத்துக் காய்ச்சி வடித்தல்
detection - உணர்தல்
detector - காணி
detergent - அழுக்கு நீக்கும் கரைசல் (அல்) மாசு நீக்கி
determinant - அணிக்கோவை
detoxification - நச்சுத்தன்மையகற்றல்
developer - உருத்துலக்கி
development length - வடிவமைத்தல் நீளம்
dextrorotatory - வலஞ்சுழியான
diacritical marks - குறியீட்டு வடிவம்
dial - அளவை முகப்பு
diamagnet - எதிர்க்காந்தம்
diamagnetics - எதிர் காந்தத் தன்மை
diamagnetic susceptibility - எதிர்காந்த ஏற்புத்திறன்
diameter - விட்டம்
diaphragm - இடைத்திரை
diastereoisomer - குறுக்குவெளி மாற்றியம்
diatomic molecule - ஈரணு மூலக்கூறு
diaotisation - டை அசோ ஆக்கம்
dichlamydears flowers - ஈருறைப்பூக்கள்
dichroism - ஈரதிர்வுத் திசை நிறமாற்றம்
die - அச்சு
dielectric constant - மின்கடவா மாறிலி
dielectrics - மின்கடத்தா இடைபொருள்
dienergate - போராளி எறும்பு
difference - வேறுபாடு
differential coefficient - வகையீட்டுக்கெழு
ditterentiation - நுண்வகைப்படுத்தல்
diffraction - விளிம்பு விளைவு
diffraction grating - விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி
diffused light - விரவிய ஒளி
diffuse nebula - தளர்வுறு ஒண்முகிற்படலம்
diffusers - கலங்கலாக்கிகள்
diffusion - விரவல், சவ்வூடுபரவல்
digestion - செரிமானம்
digital circuit - இலக்கமுறை மின்சுற்று
digital computer - இலக்கமுறை கணிப்பொறி
digital signal - எண்ணியல் குறியீடு
diluent - நீர்த்தி
diluted - நீர்த்த

dimer - இருபடி
diode - இருமுனையம்
dip - அமிழ்கோணம்
diploid - இரட்டைமய
dipole - இருமுனை
dipole moment - இருமுனைத்திருப்புத்திறன், இருதுருவஇயக்கம்
direct or positive correlation - நேர்மறை ஒட்டுறவு (அ) நேரிடைத் தொடர்வு
direct current - நேர்திசை மின்னோட்டம்
directional coupler - திசைத்தன்மை இணைப்பி
directivity - திசைச்சார்பு காரணி
directly heated cathode - நேரிடை சூடேறும் எதிர் மின்வாய்
direct method - நேரடி முறை
direct proportion - நேர்விகிதம்
disc - நடுவட்டு
discharge - மின்னிறக்கம்
disc plow - தட்டுக் கலப்பை
dislocation - ஒழுங்குலைவு
disorient - திசை திருப்பு
dispersion - நிறப்பிரிகை
dispersive power - நிறப்பிரிதிறன்
displacement pump - இடப்பெயர்ச்சி எக்கி
distillation - ஆவியாக்கிக் குளிர்வித்தல் (அ) காய்ச்சி வடித்தல்
distortion - உருக்குலைவு
distribution - பரவுகை (அ) பரவல்
distributive law - பங்கீட்டு விதி
distributor plate - பகிர்வுத்தட்டு
diurnal - பகலுக்குரிய
diurnal aberration - நாள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி
diurnal motion - நாளியக்கம்
diurnal tide - நாளோதம்
divergent sequence - விரி ஒழுங்கு வரிசை
divergent sequence - விரிவுத்தொடர்வு
division theory - வகு எண் கோட்பாடு
divisor - வகு எண்
domain - அரங்கம்
domain wall - காந்தக் களச்சுவர்
dome - வளை மூடி
dominant factor hypothesis - ஓங்கு தன்மைக்கோட்பாடு
donor - வழங்கி
doppler shift - டாப்ளர் பெயர்ச்சி
dormant volcano - உறங்கும் எரிமலை
dorsal crest - முதுகுப்பக்க முகடு
dorsal fin - முதுகுத் தடுப்பு
double logarithmic paper - இருபக்க மடக்கத்தாள் (அ) லாகிரிதத்தாள்
dowel bar - இணைப்பு நீட்டுக்கம்பி
down quark - கீழ்குவார்க்
draco - பறக்கும் பல்லி
drag - இழுவிசை
dragon fly - தட்டாம்பூச்சி
drilling - துளையிடல்
driver ant - ஓட்டுநர் எறும்பு அதிர்வு
driving force - அதிர்வுறுத்து விசை
dryer - உலர்விப்பான்
dual - இருமை
dye - சாயம்
dyke - செம்பாளப்பாறை
dynamical - இயங்குதிறம்
dynamometer - இயங்களவி
dysentery - சீதபேதி
earth mantle or crust - புவிப்புறணி
eave - மச்சிறக்கம்
echinodermata - முட்தோலிகள்
echo - எதிரொலி
echo sounder - எதிரொலி ஆழமானி
eclipse - எதிரொலி
eclipsed solar disc - சூரியனின் ஒளிமறைப்புப் பகுதி
ecliptic - சூரியனின் தோற்றப்பாதை
ecology - சூழியல்
ecosystem - சூழியல் அமைப்பு
ectocarpus - எக்டோகார்பஸ்
ectoparasite - புற ஒட்டுண்ணி
edentata - பற்களற்றவை
edges - விளிம்புகள்
effective depth - தொகு உயரம்
effective height - தொகு உயரம்
efficiency - திறன்
elastic property - மீட்சி தன்மை
electrical conductivity - மின் கடத்துமை
electrical impulse - மின்துடிப்பு
electric source - மின்வாயில்
electric lens - மின்வில்லை
electro acoustics - ஒலி மின்னியல்
electrode - மின்முனை
electrode potential - மின்முனை அழுத்தம்
electro luminescence - மின் ஒளிர்வு
electrolyte - மின்பகுளி, மின்னாற்பகுபொருள்
electro magnetic absorber - மின்காந்த அலை உறிஞ்சி
electromagnetic device - மின்காந்தக் கருவி
electromagnetic radiation - மின்காந்தக் கதிர்
electromagnetic spectrum - மின்காந்தஅலைநிறமாலை
electro magnetic theory - மின்காந்தக் கோட்பாடு
electro magnetic waves - மின்காந்த அலைகள்
electro motive force - மின்னியக்கு விசை
electron affinity - எலெக்ட்ரான் ஈர்ப்பு
electron cloud - எலெக்ட்ரான் மேகம்
electron configuration - எலெக்ட்ரான் நிலை அமைப்பு
electron diffraction - எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு
electronegativity - எலெக்ட்ரான் கலர் ஆற்றல்

electron gun - எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி
electronic photo array - ஒளித்துலக்கி வரிசை
electronics - மின்னணுவியல் துறை
electron-positron pair - இணைத்துகள்
electrons - மின்னணுக்கள்
electrophilic - எலெக்ட்ரான் கவர்
electrostatic force - நிலைமின்விசை
element - தனிமம்
elementary particle - அடிப்படைத்துகள்
element of symmetry - சீர்மைப் பண்பு
elimination - நீக்கல், களைத்தல்
eltiptic integral - நீள்வட்டத் தொகையினை
eiliptic path - நீள்வட்டப்பாதை
emission lines - உமிழ்கோடுகள்
emission spectra - உமிழ் நிறமாலைகள்
emitter - உமிழி
emulsion - பால்மம்
enantiomer - எதிர்வடிவம்
endoparasite - அக ஒட்டுண்ணி
endoplasm - அகப்பிளாசம்
endoplasmic reticulum - அகப்பிளாச வலைப்பின்னல்
endoskeleton - அகச்சட்டகம்
endurance - பொறுக்குந்திறன்
energy - ஆற்றல்
energy eigen value - ஆற்றல் தற்சிறப்பு மதிப்பு
energy gap - ஆற்றல் இடைவெளி
energy packet - ஆற்றல் நுண்கட்டு
energy state - ஆற்றல் மட்டம்
energy transfer - ஆற்றல் மாற்றம்
enfleurage - கொழுப்பினால் பிரித்தெழுத்தல்
engraving - குடைவு முறை
enlarger - உருப்பெருக்கி
enrich - செறிவூட்டல்
enveloping algebra - அணைவுறை இயற்கணிதம்
environment - சுற்றுப்புறம்
environmental photobiology - சூழ்நிலை ஒளிஉயிரியல்
environmental pollution - சூழ்நிலைச் சீர்கேடு
enzyme - நொதி
eocene epoch - இயோசின் யுகம்
epicalyx - புறப்புல்லி
epiceratodus - எபிசெரட்டோடஸ்
epidermis - புறப்படை
epigamy - சூலகக் கீழ்ப்பூத்தன்மை
epiphytic - ஒட்டி வாழ்தாவரவகை
epoxidation - எப்பாக்சிஜனேற்றம்
equation of continuity - தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு
equiangular pentagon - சமகோண ஐங்கோணம்
equilateral pentagon - சமபக்க ஐங்கோணம்
equilibrium - சமநிலை
equitorial rocket launching station - நடுவரைக் கோட்டு ஏவூர்தி செலுத்தும் தளம்
equivalence class - சரியொத்த வகுப்ப
ergate - தொழிலாளி எறும்பு
ergotism - காளான் விளைவு
eridanus - எரிடானஸ்
escape velocity- விடுபடு திசை வேகம்
essential oil - எண்ணெய்ச் சாரம்
esterification - எஸ்ட்டராக்கம்
estuary - உப்பங்கழி, கழிமுகம்
ethical value - அறமதிப்புகள்
euglena - யூக்ளினா
eutectic alloys - எளிதில் உருகிகள்
evolution - படிமலர்ச்சி
exact sequence - பொருந்தமான வரிசைத்தொடர்
exchange coupling parameter - பரிமாற்றுப் பிணைப்பு எண்
exchange energy - பரிமாற்று ஆற்றல்
excited life line - கிளர்ச்சி நிலைக்கால அளவு
excited state - கிளர்வு நிலை
exciting axis - கிளர்த்தும் அச்சு
exclusion principle - ஒதுக்கல் விதி
executive - செயற்குழுத் தலைவர்
exit pupil - வெளி புகு திரை
exoskeleton - புறச்சட்டகம்
expanding universe - விரிவடையும் அண்டம்
expansion ratio - விரிவாற்றல் வீதம்
experiment - செயல் முறை
exploitation - சுரண்டு முறை
explosive mechanism - வெடிவகை
explosive variables stars - வெடிக்கும் மாறுவிண் மீன்கள்
explosive waves - வெடிப்பு அலைகள்
expiration - வெளிச் சுவாசம்
exponential – அடுக்குக் குறி
exponential functions - அடுக்குக்குறிச் சார்புகள்
exposure - வெளிக்காட்டல்
exposure meter - வெளிச்ச அளவுமானி
expression - பிழிந்து எடுத்தல்
extension ladder - அடுக்கு ஏணி
exterior algebra - வெளி இயற்கணிதம்
external compensation – புறச் சமனம்
external factor - புறக்காரணி
extinct volcano - செயலிழந்த எரிமலை
extra floral - மலருக்கு அப்பாற்பட்ட
eye piece - பார்வை இடம்
faces - முகங்கள்
factor - காரணி
facultative parasite - தகவிய ஒட்டுண்ணி
false bottom - போலி அடித்தளம்
false drupe - பொய்க்கனி
fast breeder reactor - கருவூட்ட அணு உலை
fat body - கொழுப்புத்திறள்
fathometer - ஆழமானி
fatigue - தளர்ச்சி

fatty acid - கொழுப்பு அமிலம்
fault - பெயர்ச்சிப்பிளவு
feed back - மின்னூட்டம்
fern - பெரணி
ferromagnet - இரும்பியல் காந்தம்
ferromagnetic - அயக்காந்தத்தன்மை
fertilization - கருவுறுதல்
field - புலம்
field curvature - வளைவுக்குறை
field effect - களவிளைவு
field in microscope - புல அயனி நுண்ணோக்கி
field intensity - புலச்செறிவு
field mouse - சுண்டெலி
filament - மெல்லிழை
filiform - அரம்போன்ற
film - படலம்
filter - வடிகட்டி, வடிப்பான்
filter feeding - வடித்துண்ணல்
filter paper - வடிதாள்
finder - நோக்கி
fingerling - பெருமீன்குஞ்சு
finite oscillating sequence - முடிவுள்ள அலை ஒழுங்கு வரிசை
fins - செதில்கள்
fire balls - தீப்பந்து
fire flies - மின்மினிப்பூச்சிகள்
fire resistance - தீத்தடுப்பு
first order reaction - முதல் வரிசைவினை
fission reaction - அணுக்கரு பிளப்புவினை
flagellum - கசையிழை, நீளிழை
flame - தீப்பிழம்பு, சுவாலை
flame cell - சுடர்செல்
flange - விளிம்புப்பட்டை
flash - மின்னொளி
flash - ஒளித்தெறிப்பு
flat fish - தட்டைமீன்
flatworm - தட்டைப்புழு
flexible - வளையும்தன்மை
flexural member - வளையும் கட்டுறுப்பு
flexural vibration - வளைவு அலை
flicker photometer - இதைத்தல்முறை ஒளிமானி
flight muscle - பறக்குத்தசை
floating point system - நிலைபெயர்வுப் புள்ளிமுறை
floor height - தள உயரம்
flower of five wounds - ஐந்து காயப்பூ
fluids - பாய்மங்கள்
fluorescence - தன்னொளிர்வு, உடனொளிர்வு
fluorescence microscope - ஒளிர்வு நுண்ணோக்கி
fluorescent tube - ஒளிரும் குழல்விளக்கு
flutted roller - வரி உருளை
flux bar - காந்தபாயக் கட்டை
flux leakage - பாயக்கசிவு
flying missile - பறக்கும் ஏவுகணை
fly wheel - சமனுருள்
focal length - குவியத்தொலைவு
focus - குவியம்
follicle - ஒருபுற வெடி கனி
follower - பின்பற்றி
forbidden energy gap - தடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி
forbidden transition - விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் நிலை பரிமாற்றம்
forbidden zone - தவிர்க்கப்பட்ட பகுதி
forced vibration - திணிப்பு அதிர்வு
forestry - வனயியல்
formicarium - தரையடி எறும்புப் புற்று
fossil evidence - புதைப்படிவச்சான்று
fossil fuel - புதைப்படிவு எரிபொருள்
fossil plants - தொல்லுயிர்ப் படிவத் தாவரங்கள்
fourier transform - ஃபூரியர் மாற்றி
fraction - பின்னம்
free central placentation - தனிமையச்சூல் அமைவு
free electron hole pair - விடுநிலை மின்னணு-துளை இணைகள்
free energy - இயல்பாற்றல், கட்டுறா ஆற்றல்
free radical - இயங்கு உறுப்பு, தனி உறுப்பு
frequency - அதிர்வெண்
frequency bond - அதிர்வெண் பட்டை
frequency modulation - அதிர்வெண் பண்பேற்றம்
frictional force - உராய்வு விசை
frieze - பொதிகைச்சிற்பம்
framed structure - சட்டகம்
frothing - நுரைக்கும்படி செய்தல்
fruit pulp - படிக்கூழ்
fry - சிறு மீன் குஞ்சு
fuel cell - எரிபொருள் மின்கலம்
fulcrum - ஆயல் புள்ளி
full embedding - முழுபதித்தல்
fullmoon - முழுமதி (அ) பௌர்ணமி
functor - சார்பன்
fundamental operation - அடிப்படைச்செயல்முறைகள்
fundamental particles - அடிப்படைத்துகள்கள்
fungal garden - பூசணத்தோட்டம்
fungus - பூசணம், காளான்
furrow closer - விதை தூர்ப்பி
furrow wheel - சால் உருளை
gain control - மிகைக் கட்டுப்பாடு
galactic latitude - அண்ட அகலாங்கு
galactic nebulae - அண்ட ஒண்முகற்படலங்கள்
galaxies - அண்டங்கள், அண்டவெளி
gallery - இடைவெளி
galvanising - துத்தநாகப்பூச்சு
gamopetaly - இணைந்த அல்லித்தன்மை
ganglion - நரம்புச் செல்திரன்

gangrene - அழுகிய நசிவுநிலை
gas - வளிமம்
gaseous nebula - ஒண்முகிற்படலம், வளிம
gaster - வயிற்றுப்பின் பகுதி
gastroscopes - குடல்காட்டி, வயிற்றுநோக்கி
gas tube - வாயுக்குழல்
gate valve - தாள் கட்டுப்பாட்டிதழ்
gear - பல் சக்கரம்
gel - அரைத்திண்மக் கரைசல்
gene - ஜீன்
generation - தலைமுறை
generator - மின்ஆக்கி, உருவாக்கி
genetic device - மரபியல் பொறியமைப்பு
genetics - மரபியல்
genus - பேரினம்
geo latitude - புவி அகலாங்கு
geometrical optics - ஒளிவடிவியல்
geometry - வடிவக்கணிதம்
gerbil rat - வெள்ளெலி
gestation period - கருக்காலம்
geyser - வெந்நீருற்று
gib headed key - தலை பெருத்த சாவி
gill cleft - செவுள் பிளவு
gimballed engine - தொங்காட்டப் பொறி
glacial acetic acid - அடர்அசெட்டிக் அமிலம்
glancing angle - தொடு கோணம், சாய்கோணம்
gland - சுரப்பி
glare - கூசொளி
glass spheriod - நீள்வட்ட வடிவக்கண்ணாடி
globe valve - கோளக அடைப்பிதழ்
globular cluster - கோளக வடிவ விண்மீன் கூட்டம்
glottis - குரல் வளைத்துளை
gneiss - வரிப்பாறை
gonopod - கலவி நீட்சி
governer - கட்டுப்படுத்தி
graduated - அளவீடு செய்யப்பட்ட
grafting - ஒட்ட வைத்தல்
graininess - குறுநொய்த் தன்மை
granule - குருநொய்
grass hopper - தத்துக்கிளிப்பூச்சி
grass oil - புல் எண்ணெய்
grass rat - புல் எலி
grating - கீற்றணி மூலம்
grating element - எடையறி பகுப்பாய்வு
gravimetric analysis gravure - பொறிப்பு முறை
green manure - பசுந்தாள் உரங்கள்
groove - பள்ளம்
gross area - மொத்தப்பரப்பு
groundnut decorticating machine - நிலக்கடலை தோல் உரிக்கும் எந்திரம்
groundnut stripping machine - நிலக்கடலை பறிக்கும் எந்திரம்
ground state - கீழ்மட்டநிலை, தாழ் ஆற்றல் நிலை
growth movement - வளர்ச்சி இயக்கம்
guided missile - வழிப்படுத்தப்பட்ட ஏவுகணை
guinea worm - நரம்புச்சிலந்தி, கிளிப்புழு
gummosls - பிசின் வடிதல்
gun cotton - வெடிப்பஞ்சு
gymnasium - உடற்பயிற்சி நிலையம்
gymnosperms - விதை மூடாத் தாவரங்கள்
gyne - அரசி எறும்பு
gyromagnetic ratio - சுழலாளி விகிதம்
habitat - உறைவிடம்
half life - அரைவாழ்நேரம்
halogen - உப்பீனி
halogenating agent - ஹாலோஜனேற்றி
halogenation - ஹாலோஜனேற்றம்
hand pollination - கை மகரந்தச் சேர்க்கை
hand pump - கை எக்கி
haploid - ஒற்றைமய
harmonic frequency - சீரிசை அதிர்வெண்
harmonic motion - சீரிசை இயக்கம்
harmonics - சுரம்
harvesting ant - அறுவடை எறும்பு
heart wood - வயிரப்பகுதி
heat conduction - வெப்பக்கடததல்
heat radiation - வெப்பக் கதிர்வீசல்
heat treatment - வெப்பப் பதனிடுதல்
helical gear - திருகு பல்சக்கரம்
helical spring - திருகுச்சுருள்
helicity - எழுசுருள்மை
helix - எழு சுருள்
hemi epiphyte - குறை ஒட்டுவாழ் தாவரம்
hemimorphic class - அரை உருவ வகை
herbivore - தாவரவுண்ணி
hermit crab - சங்கு நண்டு
herpes simplex - எளிய அக்கி
heterocercal - சமச்சீரற்ற
heterocyclic - வேற்றணு வளைய
heteromorphic species - வேறுபாடுள்ள சிற்றினம்
hibernation - குளிர்கால உறக்கம்
hierarchical structure - வரிசைப்படி அமைப்பு
highest common factor - உத்தமப்பொதுக் காரணி
high gain amplifier - உயர் ஈட்ட மிகைப்பி
high strength steel - மிகைவலிமை எஃகு
high tide - உயர் ஓதம்
hindered settling - தடங்கல் முறைப்படிதல்
hinge - கீல்
hiss - சீரொலி
hodograph - ஓடல்வரைவு
hodoscope - ஓடல்காட்டி

hoist - பளுதூக்கி
hoisting winch - பளுவை மேலே தூக்கும் எந்திரம்
hole - நேர்மின் துளை
hollow - உள்ளீடற்ற
hollow protection - வெற்றிடக்காப்பு
holographic sonar - முப்பரிமாணப்பட சோனார்
homocercal - சமச்சீருள்ள
homogenous - ஒத்த
homogeneous medium - படித்தான ஊடகம்
homogeneous molecule - ஒருபடித்தான மூலக்கூறு
homogenizer - செயற்கைப் பால் உண்டு பண்ணும் கருவி
homology - ஓரியல்பு
homomorphic species - ஒற்றுமையுள்ள சிற்றினம்
homotopy - ஓரிடத்தி
honey dew - தேன்பனி
honing stone - மென் மெருகிடும் கல்
hopper - கொள்வாய்
horizontal axis - கிடையச்சு
horizontal distance - கிடை இடைவெளி
hormone - ஹார்மோன்
horticutural ant - தோட்டக்கார எறும்பு
hose - நீண்ட குழாய்
host - ஓம்புயிரி
hot plate - மின்வெப்பத் தட்டு
hot spot - உயர் வெப்பப் புள்ளி
hot spring - வெப்ப ஊற்றுக்கள்
hubble's variable nebula - ஹபிள் மாறு ஒளிர் ஒண் முகிற்படலம்
hunting ant - வேட்டை எறும்பு
hybrid - கலப்பினம்
hybrid computer - கலப்பினக் கணிப்பொறி
hybridisation - கலப்புயிரிக் கலவை
hydration - நீரேற்றம்
hydraulic mechanism - நீராற்றல் செயல் முறைமை
hydraulic turbine - நீரியல் சுழலி
hydrophone - நீரடி ஒலிவாங்கி
hydrolysis - நீராற் பகுப்பு
hydrosphere – நீர் மண்டலம்
hygrostatic pressure - நிலை நீர்ம அழுத்தம்
hygroscopicity ஈரம் ஈர்ப்புத் தன்மை
hyper ecliptic integrals – அதி நீள் வட்டத் தொகைகள்
hyperfine - மீநுண் மட்டங்கள்
hypergolic - உடன் தீப்பற்றும்
hyperparasite - மீவொட்டுண்ணி
hyper parasitism - மீவொட்டுண்கை
hyper sensitivity மிகு உணர்வுள்ளவை
hypothetical - கற்பித
hystersis - தயக்கவிளைவு
ice plant - பனிச்செடி
ignition temperature - தீப்பற்றும் நிலை
illuminance - ஒளிர்ச்சி
image aberration - பிம்பப் பிறழ்ச்சி
image intensifiers - உருவ மிகைப்பி
immunity தடுப்பாற்றல்
impact - தாக்குதல்
impedance - மின்மறிப்பு
impeller - உந்துருளி
impervious zone - நீர்க்கசிவற்ற பகுதி
impinge - மோதுதல்
implantation - கரு ஒட்டுதல்
improper fraction - தகரப்பின்மை
impulse turbine - தூண்டுகைச் சுழலி
incandescence - வெண்சுடர் நிலை
incandescent filament lamp - ஒளிரும்இழை விளக்கு
incineration - பொசுக்குதல்
inclined extinction - சாய்வு மறைகோணம்
incompatibility - ஒவ்வாமை
independent variable - சாரா மாறி
indeterminate feron - தேரப் பெறா அமைப்பு
index numbers - குறியீட்டு எண்கள்
indirectly heated cathode - மறைமுக சூடேறும் எதிர் மின்வாய்
indian standard code - இந்தியச் செந்தரச் சுவடி
indicator - தெரிவிக்கும் கருவி, காட்டி
inductance - மின் நிலைமல், தூண்டம்
induction coil - தூண்டு சுருள்
induction motor - தூண்டல் மின்னோடி
inductive effect - எலெக்ட்ரான் தூண்டல் விளைவு
inertia - சடத்துவம்
infiltration - நீர் - ஊடுருவும் தன்மை
infinite limits - முடிவலி எல்லைகள்
infinite oscillating sequence - முடிவில்லா அலை ஒழுங்கு வரிசை
infinity - முடிவிலி
inflation - வெற்றிடம்
influence செயலாதிக்கம்
infra red - அகச்சிவப்பு
infra red rays - அகச்சிவப்புக் கதிர்கள்
infra red region - அகச் சிவப்புப் பகுதி
infra sonics - அகக் கேளா ஒலிகள்
inhalation - மூச்சு உள்ளிழுத்தல்
initial value – தொடக்கமதிப்பு
injector - உட்செலுத்தி
insecta - பூச்சிகள்
inspiration - உட்சுவர்
installation - நிறுவுதல்
insulators - அரிதில் கடத்திகள்
integers - முழு எண்கள்
integral part - முழுமைப் பகுதி
integrating sphere - தொகுகோளம்
integration - ஒருகிணைத்தல்
intensity - செறிவு

intensity of illumination - ஒளியூட்டலின் செறிவு
intensity of light - ஒளி அளவு
interaction - செயலெதிர்ச் செயல்
inter atomic vectors - அணுவிடைத் திசையங்கள்
inter cellular parasite - செல் இடை அக ஒட்டுண்ணி
interference - குறுக்கீட்டு விளைவு
interference distribution - குறுக்கீட்டு விளைவு
interference pattern - குறுக்கீட்டு விளைவுப் பாங்கம்
interfering substance - இடையூறும் பொருள்
intermediate - இடைபொருள்
intermediate host - இடைநிலை விருந்தோம்பி
intermediate stiffner - இடை விறைப்பி
intermittent light - இடையுறுவெளி
internal compensation - அகச்சமனம்
internal consititution of stars - விண்மீன்களின் உள் அமைப்பு
internal molecular field - மூலக்கூறு அகக்காந்தப் புலம்
internal resistance - அகத்தடை
inter planetary material - கோள்களுக்கு இடையே யான பொருள்கள்
interpolation - இடைமதிப்புகாணல்
interstellar medium - உடுக்கணங்களின் இடை ஊடகம்
inter tidal zone - ஓதயிடைப் பகுதி
interval of integration - தொகையீட்டு இடைவெளி
intrinsic parity - இயல்பு ஒப்பிணைமை
introrse - உள்நோக்கு
intrusive rock உள்ளீட்டுப்பாறை
inverse or negative correlation - எதிரிடை தொடர்பு (அ) ஒட்டுறவு
inversion symmetry - நேர் எதிர்மாற்ற வடிவொப்பு
invertebrata - முதுகெலும்பற்றவை
iridescent - ஒளிப்பகட்டான
irrational numbers - விகிதமுறா எண்கள்
irregular variable - ஒழுங்கற்ற மாறி
irritant - உறுத்தி
isobaric doublet - ஒப்பு இருமை நிலை
isobaric triplet - ஒப்பு மும்மை நிலை
isomer - மாற்றியம்
isomeric nucleus - ஒருறுப்பி அணுக்கரு
isomerisation - மாற்றியமாக்கல்
isomorphic - ஒத்த உருவமைப்புடைய
isopin - சமத்தற் சுழற்சி
iso spin - ஐஸோ தற்சுழற்சி
iso spin space - ஐஸோ தற்சுழற்சி வெளி
isotope - ஐசோடோப்
isotope shift - ஐசோடோப் நகர்வு
isotropic - சமச்சீரான
interative method - பன்னிச் செய்தல்முறை (அ) மீண்டும் செய்தல் முறை
jawed vertebrates - தாடையுள்ள முதுகெலும்பிகள்
jawless vertebrates - தாடையற்ற முதுகெலும்பிகள்
jet - தாரை
jet valve - தாரை அடைப்பிதழ்
journal bearing - சுழல் தாங்கி
jupiter - வியாழன்
kinetic energy - இயக்க ஆற்றல்
kinetic energy partition - வேக ஆற்றல் பகுப்பு
king fisher - மீன்கொத்தி
kreb's cycle - கிரெப்ஸ் சுழற்சி
labial glands - உதட்டுச் சுரப்பிகள்
labials - இதழொலிகள்
labio dental - பல்லிதழ் ஒலி
labium - கீழுதடு
labrum - மேலுதடு
lacing - பின்னல்
lacquer - மெருகெண்ணெய்
lacro rotatory - இடஞ்சுழியான
lagging - தாழ் நிலை (அல்) பின் நிலை
lamella - தாள் படலம்
laminar flow - நேரிய ஓட்டம்
lance - நீண்ட சிறுவிட்டக்குழாய்
lantern fish - ஒளிக் கண்டு மீன்
larva - இளவுயிரி
latent image - உள்ளுறை பிம்பம்
lateral - பக்கவாட்டு
lateral spherical aberration - குறுக்களவுக் கோளப் பிறழ்ச்சி
lateral tie - கட்டுக்கம்பி
latitude - அகலாங்கு
lattice அணிக்கோவை, பின்னல்சட்டம்
lattice gas model - அணிக்கோவை-வளிம மாதிரி
launching - ஏவுதல்
lava - பாறைக்குழம்பு
laws of gravitation - புவியீர்ப்பு விதி
laws of similarity - ஒப்புமை விதி
layer - படிவு
leaf cutter ant - இலைவெட்டி எறும்பு
leaf oil - இலை எண்ணெய்
least common multiple - அதமிப்பொது மடங்கு
leather finishing - ஒப்பணை செய்தல்
lee type - கொத்துக்கொழு
lens - வில்லை
lens aperture control லென்ஸ் துளைக் கட்டுப் பாட்டமைப்பு
lenticular plates - இருபுறக்குவி தகடுகள்
leo - சிம்மம்
lepidosiren - லெப்பிடோசைரன்
lepton - லெப்டான்
lettuce - கீரைத்தளை
leukoplakia - வெண் தோல் மாற்றம்
lever - நெம்புகோல்
life cycle - வாழ்க்கைச் சுற்று
ligand - ஈந்தணைவி

light amp ifier - ஒளிமிகப்பி
light curves - ஒளி வளைவுகள்
light dark period - பகல்-இரவுப்பொழுது
light modulator - ஒளிப்பண்பேற்றி
light reaction - ஒளிச்செயல்
light signal - ஒளிக்குறியீடு
light valve - ஒளிக்குழாய்
light year - ஒளியாண்டு
lignite - பழுப்பு நிலக்கரி
lime juice cordial - எலுமிச்சைச் சாறு நீர்
limits of audibility - செவியுறுத்து எல்லை
linear accelerator - குழாய் துகள் முடுக்கி
linear correlation - நேர்கோட்டு ஒட்டுறவு
linearity - நேர் பண்பு
linear mapping - நேரியல் அமைப்பு மாற்றம்
linear spectrum - நீள் நிறமாலை
line reversal - நேர்க்கோடு எதிர்பாடு
liniments - தேய்ப்புத் தைலம்
lino type - வரிகளாக வார்க்கும் வகை
lin seed oil - ஆரி விதை எண்ணெய்
lintel - மேப்படி விட்டம்
lipid - லிப்பிட்
liquid solubility - முழு நீர்மைக் கரை தன்மை
lithosphere - கற்கோள மண்டலம்
living fossil - வாழும் தொல்லினம்
lobe - கதுப்பு
loci - பாதை
locomotion - இடப்பெயர்ச்சி
locomotive - தொடர்வண்டி
locust - வெட்டுக்கிளிப்பூச்சி
logarithum - மடக்கை
logarithmic scale - மடக்கை அளவுகோல்
logic - தருக்கவியல்
log log paper - மடக்கை-மடக்கைத்தாள்
long day plants - மிகு பகல் தாவரங்கள்
longevity - வாழ்நாள்
longitude - நெட்டாங்கு
longitudinal polarization - நெடுக்கு முனைவாக்கம்
longitudinal waves - நெட்டலைகள்
long life energy rich - நீள்வாழ் ஆற்றல் செறிவு
loops - கண்ணிகள்
loudness - உரப்பு
loud speaker - ஒலி பெருக்கி
lower eocene - முன் இயோசீன் காலம்
low tide - தாழ்வு ஓதம்
lubricant - மசகெண்ணெய்
lubricating oil - மசகு எண்ணெய்
luminescence - ஒளிர்தல்
luminescent centre - ஒளிர் மையம்
luminocity - ஒளிர்மை
luminous efficacy - ஒளிப்பயன், ஒளிர்வளமை
luminous efficacy of radiant power - வீசு கதிர் ஆற்றலின் ஒளிர்வளமை
luminous flux - ஒளிப்பாய்ம, ஒளிப்பெருக்கு
luminous gland - ஒளிச்சுரப்பி
luminous intensity - ஒளிச் செறிவு
luminous object - ஒளிர் பொருள்
lunar eclipse - சந்திரன் (அ) திங்கள் மறைப்பு
lymphangioma - நிணநீர்கட்டி
machinery - எந்திர அமைப்பு
macro aner - பெரிய அரச எறும்பு, (அல்) பெரிய ஆண் எறும்பு
macro ergate - பெரிய தொழிலாளி எறும்பு
macrogyne - பெரிய அரசி எறும்பு
macroscopic - பேரளவு
macroseptae - பெரிய இடைச்சுவர்
macrosonics - பேரொலியியல்
madrepo ite - நுண்துளைச்சில்
mafic lava - கருநிற, பாறைக்குழம்பு
magic number - மாய எண்
magma - பாறைக்குழம்பு
magnetic fields - காந்தப் புலங்கள்
magnetic flux - காந்தப்பாயம், காந்தப்பெருக்கு
magnetic quantum number - காந்த குவாண்ட்டம் எண்
magnetic moment - காந்தத் திருப்புத்திறன்
magnetic permeability - காந்த உட்புகுதிறன்
magnetic spin - காந்தத் தற்சுழற்சி
magnetic storm - காந்தப்புயல்
magnetic structure - காந்தக் கட்டமைப்பு
magnetic sub levels - காந்தத் துணைமட்டங்கள்
magnetic susceptibility - காந்த ஏற்புத்திறன்
magnetisation - காந்த ஆக்கம்
magnifying power - உருப்பெருக்குத் திறன்
magnitudes - பொலிவுப் பரிமாணம்
maintenance - பராமரிப்பு
major ecliptic limit - மீப்பெரு மறைப்பு வரம்பு
major phyla - பெரும் தொகுதிகள்
management - மேலாண்மை
mandible - வெட்டும்தாடை
mandibular - கீழ்த்தாடைச்சுரப்பி
mannal - ஆளியக்கு
map - நிலப்படம்
mapping - அமைப்பு மாற்றம்
marble - பளிங்குகல்
marginal rays - ஓரக்கதிர்கள்
marine - கடல் சார்ந்த
majolin's ulcer - தீயால் உண்டாகும் மார்ஜோலின் புண்
mars - செவ்வாய்
mass - பொருண்மை
massive - திண்மை
mass number - நிறை எண்

mass shift - நிறைப்பெயர்ச்சி
masticatory - சுவைப்பான்
mathematical psychics - கணித உளப்பாங்கியல்
mathematical theory of relativity - கணிதவியல் சார் புடைமைக் கோட்பாடு
matrix eigen value problem - அணி ஐசன்மதிப்புக் கணக்கு
matter - பருப்பொருள்
matter wave - பொருள் அலை
maxilla - துருவுத்தாடை
maxillary - மேல்தாடை எலும்பு
maximum - பெருமம்
maximum amplitude - வீச்சுப் பெருமம்
may fly - கார்ப் பூச்சி
mechanical advantage - எந்திரப் பலன்
mechanical angular momentum - இயந்திர கோண உந்தம்
mechanical radiation impedance - எந்திரவியல் கதிர் வீச்சு ஒலி மறுப்பு
mechanical resistance - எந்திரவியல் தடை
mechanism - இயங்கமைப்பு
mercuration - பாதரச ஏற்றம்
medium - ஊடகம்
medium tensile steel - மிதவலி எஃகு
meiosis - குன்றல் பகுப்பு
melanin - மெலானின் (கருநிறத்துகள்)
memory - தேக்கிகள்
meningitis - மூளை உறையழற்சி
meridional plane - மைய செங்குத்துத் தளம்
meridional rays - முனை இணைத்தளக் கதிர்கள்
mesenteries - குடல் தாங்கிகள்
mesogloea sac - நடுப்பகைக் குழி
meson - மெசான்
mesozoic era - இடையுயிர் ஊழி
metabolic water - வளர்சிதை மாற்றநீர்
metabolism - வளர்சிதை மாற்றம்
metamorphosis - வளர் உருமாற்றம்
metastable - சிற்றுறுதியான நிலை
metastable state - போலியான நிலைத்த நிலை
meta state - உறுதியற்ற நிலை
meta zoa - பலசெல் உயிரிகள்
meteoric shower - எரிவிண்மீன் மழை
meteorites - விண்கற்கள்
meteors - எரிவிண்மீன்கள்
methylation - மெத்திலேற்றம்
metretike - அளவியல்
micro aner - சிறிய அரசி எறும்பு (அல்) சிறிய ஆண் எறும்பு
micro channel playe - நுண் வழித்தகடு
micro ergate - சிறிய தொழிலாளி எறும்பு
micro film - நுண்படச்சுருள்
microgyne - சிறிய அரசி எறும்பு
micro meteorites - நுண்ணிய விண்கற்கள்
micro phone - ஒலிவாங்கி
microscopic - நுண்ணளவு
microthorax - சிறு மார்பு
microwaves - நுண்ணலைகள்
migraine head ache - ஒற்றைத் தலைவலி
migration - வலசைபோதல்
mild steel - தேனிரும்பு
milky way - பால்வெளி
milling machine - துருவல் எந்திரம்
mimicry - போலித்தனம்
minor ecliptic limit - மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு
minor phyla - சிறு தொகுதிகள்
minor planets - சிறுகோள்கள்
mirror - ஆடி
mirror image - ஆடி பிம்பம், ஆடி எதிர்உருவம்
missile - ஏவுகணை
mitosis - மறை முகப்பகுப்பு
mixted tide - கலப்பு ஓதம்
model - படிமம்
mode locking - அலைவு வகைப்பூட்டல்
moderator - மட்டுப்படுத்தி
modulation - குறிப்பேற்றம்
molasses - கருப்பஞ்சாறு
molecular pump - மூலக்கூறு இறைப்பான்
molecular rotation - மூலக்கூறு சுழற்சி
mole rat - கரம் பெலி
mollusca - மெல்லுடலிகள்
momentum - உந்தம்
monitor - கண்காணி
monochlamydeons flowers - ஒருறைப்பூக்கள்
monochromatic - ஒற்றைநிற
monochromatic aberration - ஒற்றை நிறப்பிறழ்ச்சி
monochromatic light - ஒற்றை நிரல் ஒளி, ஒற்றை நிற ஒளி
monomorphism - நேர் கோர்த்தல்கள்
monotonic decreasing sequence - ஒரேமுறை இறங்கும் ஒழுங்கு வரிசை
monotonic increasing sequence - ஒரேமுறை ஏறும் ஒழுங்கு வரிசை
monotremata - ஓர் புழைப்பாலூட்டிகள்
moral science - அறஞ்சார்ந்த இயல்
morphism - கோர்த்தல்
motor - மின்னோடி
mother liquor - மூலக்கரைசல், தாய்க்கரைசல்
mould board plow - வளை பலகைக் கலப்பை
moulting - தோலுரித்தல்
mucoid - கோழை
mud flow - சேறு வழிதல்
multiple correlation - பலதரப்பட்ட ஒட்டுறவு
multipole - பன்முனை

multistage pump - பலக்கட்ட எக்கி
multi vibrators - பலவழி மின் அதிர்வான்கள்
muon - மியுவான்
muscle - தசைநார்
mutation - திடீர் மாற்றம்
multi mode - பன்மை வகை
nascent oxygen - அணு நிலை ஆக்சிஜன்
nastic movement - திசை சார்பிலா இயக்கம்
natural numbers - இயல் எண்கள்
natural response - இயல் ஒத்திசைவு
nature of the physical world - இயற்பிய உலகின் தன்மை
navigation - கலம் ஓட்டுதல்
nebula - ஒண்முகிற்படலம்
nebulae - ஒண்முகிற்பிடலங்கள்
needle vibrator - தண்டு அசக்கி
negative - மறிநிலைப்படிவம்
negative correlation - எதிர்மறை தொடர்பு
negative energy state - குறை ஆற்றல்படி
negative inductive effect - எதிர்த்தூண்டல் விளைவு
nagative numbers - எதிர்ம எண்கள்
negative picture - எதிர்ப்படம்
negative resistance device - எதிர்மைத்தடைச்சாதனம்
nagative subscript - எதிர்மக் கீழ் பின்னடைவு
neighbourhood - அண்மை
nematode - வேர்முடிச்சு நூற்புழு, நூற்புழு
neoteny - இளமை முதுக்குறுதல்
nest - கூடு
net aera - நிகரப்பரப்பு
net work nebula - வலை ஒண்முகிற்படலம்
neutral plants - சம பொழுதுத்தாவரங்கள்
neutron diffraction - நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவு
new and old methods - அறிவியலில்புதிய, பழைய முறைகள்
new moon - இருள்மதி (அல்) அமாவாசை
nibbling -எதிர் எதிராட்டத் துளைப்பு
nitration - நைட்ரோ ஏற்றம்
node - கோள்சந்தி, கணு
nodule - முண்டு
non coherent - ஓரின இயல்பற்ற
non linear equation - நேரியலற்ற சமன்பாடு
non linear optics - ஒளியியல் நேரிலா
non luminous object - ஒளிராப் பொருள்
non physiological - செயலியல்லாத
nonsense correlation - பொருளற்ற ஒட்டுறவு
non sensitized - நுண்ணுணர்வற்ற
non superimposable - மேற்பொருந்தா
notation - குறியீடு
nova - ஒளர்மீன்
novae - ஒளிர்விண்மீன்கள்
nozzle - கூம்புக்குழல்,
nuclear fission - அணுக்கருப்பிளவு
nuclear fusion - அணுக்கரு பிணைப்பு
nuclear magnetic moment - கருக்காந்தத் திருப்புத் திறன்
nucleation - கருவாக்கம்
nucleophilic - அணுக்கருக்கள்
number theory - எண்கோட்பாடு
numerals - எண்மானம்
numerator - பகுதி, தொகுதி
numerical analysis - எண்சார் பகுப்பாய்வு
numerical aperture - இடைவெளி எண்மதிப்பு, எண்ணியல் துளையளவு
numerical differentiation - எண்சார் வகையிடல்
numerical integration - எண்சார் தொகையிடல்
numerical quadrature - எண்சார் பரப்பு காண்முறை
nuptial flight - கலவிக்காகப் பரித்தல்
nuptial pad - கலவி உறுப்பு
nutrition - ஊட்டம்
oat meal - ஓட்ஸ் சோறு
objective lens - பொருளருகுவில்லை, பார்பொருள்
obligatory parasite - கடப்பாட்டு ஒட்டுண்ணி
occulsion - உட்கவர்தல்
ocellus - புள்ளிக்கண்
ocean liner - கடல் தரையிடுவான்
octagon - எண்கோணம்
octohedran - எண்முகத்தகம்
ocular convergence - பார்வை குவிதல்
off - அணைத்தல்
offset lithography - மறுதோன்றி கல்லச்சு முறை
oil gas - எண்ணெய் வளிமம்
olefin - இரட்டைப்பிணைப்புச் சேர்மம்
omnivorous - அனைத்துண்ணி
on - இணைத்தல்
one to one correspondence - ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த இணையுடையது
open heater - திறந்தவெளி வெப்பமூட்டி
open hearth - திறந்த உலை
operation - செயல்முறை
operational amplifire - பணி மிகைப்பி
opposing force - எதிர்ப்பு விசை
optical absorption coefficient - ஒளி உட்கவர் எண்
optical anomalie - ஒளியியல் பிறழ்வு
optical astronomy - ஒளியிய வானியல்
optical clarity - ஒளித்தெளிவுத்தன்மை
optical double stars - ஒளியிய இரட்டை விண்மீன்கள்
optical fibres - ஒளியியல் இழை
optical frequency - ஒளியதிர் வெண்
optical grating - ஒளியியல் கீற்றணி
optical guide - ஒளிவழி நடத்தி
optical isomer - ஒளி மாற்றியம்
optical isomerism - ஒளிசார் மாற்றியத் தன்மை
optical materials - ஒளியியல் பொருட்கள்
optical phase conjugation - ஒளி எதிரிணையம்

optical prism - ஒளியியற்பட்டகம்
opitcal pulse - ஒளித்துடிப்பு
optical rectification - ஒளியியல் திருத்தம்
optical spectrum - ஒளிநிறமாலை
optical surface - ஒளியியல் பரப்பு
optical susceptibility - ஒளி ஏற்புத்திறன்
optical telescope - ஒளியியல் தொலைநோக்கி
optic axial plane - ஒளியியல் அச்சுத்தளம்
oral side - வாய்ப்புறம்
orbital - எலெக்ட்ரான் மண்டலம், ஆர்பிட்டால்
orbital magnetic moment - சுற்றுப்பாதை காந்தத் திருப்புத்திறன்
orbital motion - பாதைச் சுழற்சி
orbtital parity - சுழற்சி ஒப்பிணைமை
organ - உறுப்பு
organelle - நுண் உறுப்பு
organism - உயிரி
organ of perception - உணர்பகுதி
organs of smell - மோப்ப உறுப்புக்கள்
orient - திசையமை
orientation - முகப்பு நிலை, நிலைகொள்ளுதல்
orion - ஓரியன்
orion nebula - ஓரியன் ஒண்முகிற்படலம்
ortho axis - வரி அச்சு
orthodome - செம்மாடம்
ortho pinacoid - செவ்விணை வடிவப்பக்கம்
ortho prism - வரிப்பட்டகம்
ortho rhombic - செஞ்சாய்சதுரம்
oscillating sequence - அலையும் ஒழுங்குவரிசை
oscillation - அலைவு
osmosis சவ்வூடு பரவல்
ossicles - எலும்புத்தகடுகள்
osteichthyes - எலும்பமீன்
osteolysis - எலும்பழிவு
osteomalacia - எலும்பிளக்கி நோய்
outer shell - வெளிக்கூடு
ovary - சினையகம் (அல்) அண்டகம், சூல்பை
over dominance hypothesis - மிகு ஓங்கு தன்மைக் கோட்பாடு
oviduct - அண்டநாளம்
ovum - சினை அண்டம்
oxidant - ஆக்சிஜனேற்றி
oxidation - ஆக்சிகரணம் (அல்) ஆக்சிஜன் ஏற்றம்
oyster - ஆளி
paddy thrushing machine - நெற்கதிர் அடிக்கும் எந்திரம்
paddy winnowing machine - நெல் தானியங்கள் தூற்றும் எந்திரம்
paget disease of nipple - முலைக்காம்பு மேஜட்நோய்
paint - மேற்பூச்சு வண்ணம்
pair - இணை
paired - இணையான
paired fins - இணைத்துடுப்புகள்
palate - மேல் அண்ணம்
paleozoic era - தொல்லுயிரூழி
panchromatic - பன்னிறமுணர்
papilla - அரும்பு
parabolic - பரவளைய
parallax - இடமாறுதோற்றம்
parallax-bar - இடமாறு தோற்றுக்கருவி
parallax error - இடமாறு தோற்றப்பிழை
parallel extinction - இணை ஒளிமறைக்கோணம்
parallelogram - இணைகரம்
parallel polarization - இணைத்தளவிளைவு
paramagnet - இணைகாந்தம்
paramagnetic - காந்த ஈர்ப்புத்தன்மை
parameter - கட்டளவு
paraplegia - இருகால் வாதம்
parasite - ஒட்டுண்ணி
parasitic castration - ஒட்டுண்ணிப்பால் மாற்றம்
parasitism - ஒட்டுண்கை
parasolant - குடை எறும்பு
paratonic movement - தூண்டப்பட்ட இயக்கம்
parent state - முதன்மை நிலை
parietal - சுவர் ஒட்டு
parietal placentation - சுவர்ச்சூல் அமைவு
parity - ஒப்பிணைமை, இடவலச்சமச்சீர், சமானங்கள்
parity operator - ஒப்பிணைவு செயலி
parotid - பெருஞ்சுரப்பி
parthenogenesis - சலவியிலா இனப்பெருக்கம்
partial correlation - பகுதி ஒட்டுறவு
partial differentiation - பகுதி வகையீடல்கள்
partial eclipse - குறை மறைப்பு
partial ionic character - பகுதி அயனிப்பண்பு
partial solar eclipse - பகுதி சூரியன் மறைப்பு
particle rays - துகட்கதிர்
pasteurizer - பாலைச்சூடாக்கித் தூய்மை செய்யும் கருவி
pattern of spots - புள்ளிக்கோலம்
pawl - நெம்புகோல்
pay load - சிறப்புப்பாரம்
pedal disc - பாதமூடி
peduncle - காம்பு
peening - எரிமுறை பொறித்தல்
penis - ஆண்குறி
pentagon - ஐங்கோணம்
penumbra - குறை (அ) புறநிழல் பகுதி
perceptibility - தெளிவூட்டும் தன்மை
perfect numbers - நிறை எண்கள்
perfect positive correlation - நேரிடை நிறைவு ஒட்டுறவு

pericardium - இதய உறை
periodic external force - சீரிசை இயக்கப்புறவிசை
periodic force - அலைவு விசை
periodicity - காலவாரி நிகழ்வு, அலைவுச்சார்பு
periodic table - தனிம மீள்வரிசை அட்டவணை
period of oscillation - அலைவு நேரம்
periodic table - சீரலைவு அட்டவணை
perithecia - வித்துக்குடுவை
permeability - உட்புகுதிறன்
pervious zone - நீர்க்கசியும் பகுதி
pesticide - பூச்சிக்கொல்லி
petiole - வயிற்றுமுன்பகுதி
petrography - பாறைப்பகுப்பியல்
phantom bottom - புனைவுருத்தோற்ற அடித்தளம்
phase - தறுவாய், கட்டம்
phase angle - கட்ட கோணம்
phase change - கட்ட வேறுபாடு
phase difference - கட்டவேறுபாடு
phase matching - கட்டப்பொருத்தம்
phase response - கட்ட ஒத்ததிர்வு
phase rule - நிலைமை விதி
phase stability - காலக்கட்ட நிலைப்புத் தன்மை
phobia - மருட்சி
phonemes - ஒலியன்
phonetics - ஒலிப்பியல்
phonetic transcription - ஒலிப்பியல் எழுத்துப் பெயர்ப்பு
phosphorescence - நின்றொளிர்தல்
photocell relay - ஒளிமின்கல அஞ்சல்
photochemical reaction - ஒளிவேதிவினை
photochemistry - ஒளி வேதியியல்
photoconductivity - ஒளிமின் கடத்தல்
photo conductive cell - ஒளிமின்கடத்துமைக் கலன்
photo elastic co-efficient - ஒளிமீள்திறன் குணகம்
photo dasticity - ஒளிமீட்சியியல்
photo electric effect - ஒளி மின்னியல் விளைவு
photo electric photometer - ஒளிமின் ஒளிமானி
photo electricity - ஒளிமின்னியல்
photo electron - ஒளி எலெக்ட்ரான்
photogrammetry - ஒளிவரை அளவியல்
photographic film - ஒளிப்படச்சுருள்
photographic paper - ஒளிப்படத்தாள்
photographic plate - ஒளிப்படத்தட்டு
photography - ஒளிப்படம்
photokinesis - ஒளிசார் இயக்கம்
photo luminescence - ஒளி ஒளிர்வு
photolysis - ஒளி பிரித்தல், ஒளிவழிச்சிதைவு
photometer - ஒளிப்படஅளவி
photometric head - ஒளி அளவி முனை
photomorphogenesis - ஒளி அமைப்புத் தோற்றுவாய், ஒளிப்புற அமைப்பு வளர்ச்சி
photo movement - ஒளிநாட்டம்
photomultiplier tube - ஒளிபெருக்கி குழாய்
photon - ஒளியன்
photonasty - ஒளிமுன்னிலையசைவு
photoperiod - ஒளிக்காலம்
photoperiodism - ஒளிசார்ந்த காலவாரி நிகழ்வு, ஒளிக்காலத்துவம்
photophilus plants - ஒளி விரும்புத்தாவரங்கள்
photophobic plants - ஒளி விரும்பாத்தாவரங்கள்
photo-phosphorylation - ஒளிப்பாஸ்பீகரணம்
photo reception - ஒளி ஈர்ப்பு
photo reduction - ஒளிமுறைத் தாழ்த்தல்
photo resistor - ஒளிமின்தடை
photo sensitivity - ஒளி உணர்வுத்திறன்
photosensitizer - ஒளி உணர்வு நீக்கி
photosphere or light sphere - ஒளிப்புரை
photosynthesis - ஒளிச்சேர்க்கை
photosynthetic unit - ஒளிச்சேர்க்கை அலகு
photosystem - ஒளி இடம்
phototaxis - ஒளிசார்நாட்டம்
phototropism - ஒளிஈர்ப்புத்தன்மை
phototypography - ஒளிப்பட முறையில் அச்சுக் கோத்தல்
photovoltaic effect - ஒளிமின்னழுத்த விளைவு
phylum - தொகுதி
phytoplankton - நுண்ம மிதவைத்தாவர உயிரி
piezo electric - அழுத்த மின்
pigment - நிறத்துகள், நிறமி
pigmentation - நிறத்துகளாக்கம்
pigment system - நிறமித் தொகுதி
pile cap - நிலத்தூண் மேல்தலை
pile foundation - நிலத்தூண் அடிமானம்
piston - உந்து
pitch - சுருதி
pirot - சுழல்தானம்
placenta - சூல் மெத்தை
plane of symmetry - சமச்சீர்மைத்தளம்
plane polarised light - முனைவுடை தள ஒளி
planet - கோள்
planetary exploration - கோள்களின் ஆய்வு
planetary nebula - கோள் ஒண்முகிற்படலம்
plankton - மிதவையுயிரி
plant geography - தாவரப்புவியியல்
plant heterosis - ஒட்டு வீரியம்
plaster - அரைச்சாந்து
plastic - ஞெகிழி
plasticizer - இணக்கி, நெகிழ்விப்பி
plug - செருகு
plurilocular - பல அறைகளுடைய
plywood - ஒட்டுப்பலகை
point of projection - எறிபுள்ளி
polar - முனைவுடை

polarimeter - ஒளிமுனைவுத் திருப்பு அளவி
polarization - முனைவாக்கம்
pole strength - முனைவலிமை
pollen tube - மகரந்தக்குழாய்
pollination - மகரந்தச்சேர்க்கை
polymerisation - பல்லுறுப்பாக்கம்
polynomial in 10 - பத்தில் ஒரு பல்லடுக்குக்கோவை
polypetaly - இணையா அல்லித்தன்மை
poly phase - பல தறுவாய்
pool - குட்டை
population - முழுமைத்தொகுதி
porcelain - பீங்கான்
porifera - புரையுடலி
porous - நுண்துளை
port - துளைவாய், வாயில்
position - இலக்கு
positional value - இடமதிப்பு
positive correlation - நேர்முகத் தொடர்பு
positive energy - மிகை ஆற்றல்
positive inductive effect - நேர்தூண்டல் விளைவு
positive metallic ions - நேர்ம உலோக அயனிகள்
positive numbers - நேர்ம எண்கள்
positive parity - நேர் இடவலச்சமச்சீர்
positive superscript - நேர்ம மேல் பின்னடைவு
post precipitation - புற வீழ்படிவாக்கம்
potential difference - மின்னழுத்த வேறுபாடு
potential energy - நிலையாற்றல்
power - அடுக்கு
power amplifier - திறன் பெருக்கி
power factor - திறன் கூறு
power series - வலுத்தொடர்
power tiller - திறன் ஊட்டிய களரி
power transmission tower - மின்செலுத்துக் கோபுரம்
practical arithmetic - செய்முறை எண் கணிதம்
practicality - செயல்திறம்
praying mantis - தொழுவன் பூச்சி
precipitate - வீழ்படிவு
precipitating agent, precipitant - வீழ்படிவாக்கி
precipitation - படிமமேற்படுத்தல்
precipitinin - படிமப்பொருள்
predaceous - பிடித்துண்ணும், கொன்றுண்ணும்
predatism - கொன்றுண்ணல்
predator - கொன்றுத் தின்னி
pre heater - முன்சூடாக்கி
premaxillary - முன்மேல் தாடை எலும்பு
preservative - பாதுகாக்கும் பொருள், பாதுகாப்பான்
primary - ஓரிணைய
primary producers - முதல்நிலை ஆக்கிகள்
prime number - பகா எண்
principle quantum number - அடிப்படை அல்லது முதன்மைக் குவாண்ட்டம் எண்

prism - பட்டகம்
probability theory - நிகழ்தகவுஅறிமுறை
probe micro analysis - துருவு நுண்ணளவுப் பகுப்பு முறை
processing - பதனிடுதல்
product - விளைபொருள்
progagules - வித்துகள்
prognathus - தலைமுன் வாயுறுப்பு
projectile - எறிபொருள்
projection - பிதுக்கம்
projective geometry - வீழல் வடிவகணிதம்
projector - பிம்ப வீழ்த்தி
prominance - தீக்கொழுந்துகள்
proof stress - ஆரத்தகைவு
propagation constants - பரவல் மாறிலிகள்
proper fraction - தரு பின்னம்
proplastid - முன் கணிகம்
propulsion - உந்துதல்
protein - புரதம்
protonation - புரோட்டான் ஏற்றம்
protonephridium - முன்னோடி நெஃப்ரீடியம்
prototheria - முதற்பாலூட்டிகள்
protozoa - முன்னுயிரிகள்
protruded labial - இதழ்ப்பிதுக்கொலி
proventriculus - முன்னிரைப்பை
proximity tubes - ஒளிமிகைப்பிக் குழல்கள்
pseudobulb - போலிக்குமிழ்
pseudocoelom - போலி உடற்குழி
pseudo monocline - போலி ஒற்றைச் சரிவுப் படிகம்
pseudopodium - போலிக்கால்
psendo unimolecular reaction - போலி ஒரு மூலக்கூறு வினை
pulley - கப்பி
pulsan - மாறொளிர் விண்மீன்
pulsating variable stars - துடிக்கும் மாறுவிண்மீன்கள்
pulsator - துடிப்பான்
pulse - துடிப்பு
pump - எக்கி
pumped state - ஒளியேற்ற நிலை
pupa - கூட்டுப்புழு
pyramid - பட்டைக் கூம்பு, கூம்புப் பட்டகம்
pyrogen - கனல் பிறப்பி
pyrotechnic - கனல் நுட்பம்
quadrant - காலளவி
quadrant electrometer - கால்வட்ட எலெக்ட்ரா மீட்டர்
quadrapole moment - நான்முனைவுத் திருப்புத் திறன்
quadrative axis - குறுக்குமுக அச்சு
quadrature formulae - பரப்பு காண் வாய்பாடுகள்
qualititative analysis - பண்பறிப் பகுப்பாய்வு

quality of light - ஒளித்தரம்
quantitative analysis - அளவறிப் பகுப்பாய்வு
quantum chromodynamics - குவாண்ட்டம் நிறவியக்க வியல்
quantum mechanics - நுண்குவைய இயக்கவியல்
quarter wave resonant cavity - கால் அலைஒத்ததிர்வுப் புழை
quenching - தணிப்பு
quotient - ஈவு
racemisation - இடவலம்புரி நடுநிலையாக்கம்
radial force - ஆரவிசை
radial velocity - ஆரைத்திசைவேகம்
radiating fins - கதிர்வீசும் ஊசிமுனைகள்
radiating surface - கதிர்வீச்சுப் புறப்பரப்பு
radiationless transition - கதிர்வீச்சில்லா மாற்றம்
radiation technique - கதிரியக்க நுணுக்க முறை
radio astronomy - கதிர்வீச்சுவானியல்
radio dermatitis - ஊடுகதிரால் வரும் தோலழற்சி
radio luminescence - கதிரியக்க ஒளிர்வு
radio nebula - கதிர்வீச்சு ஒண்முகிற்படலம்
radio sonobuoy - ரேடியோ ஒலி மிதவை
radio telescopes - கதிரியக்கத் தொலைநோக்கி
rodio therapy - கதிர்வீச்சுச் சிகிச்சை
radio wave length - கதிரியக்க அலைநீளங்கள்
radio waves - கதிர்வீச்சு அலைகள்
radius of curvature - வளைவு ஆரம்
raising numbers to powers - அடுக்கேற்றம்
rake angle - சரிவுக்கோணம்
random impurities - தன்னிச்சையான மாசுகள்
range - வீச்செல்லை
range finder - பரப்புக் காண்பி
rank - தரமதிப்பு
rank correlation coefficient - தர ஒட்டுறவுக் கெழு
rank order - தரவரிசை
rare earth - அருமண்
rarefaction - தளர்ச்சி
ratchet - ஒருவழிப் பல்சக்கரத் தடையமைவு
rate constant - வேக மாறிலி
rate of delection - விலக்கவீதம்
ratio chart - விகித விளக்கப்படம்
rational numbers - விகிதமுறு எண்கள்
ratio of similitude - வடிவொப்புமை விகிதம்
ray - கதிர்
reactance - எதிர்வினைப்பு
reactant - வினைப்பொருள்
reaction rate - வினைவேகம்
reaction turbine - எதிர்வினைச்சுழலி
reaction velocity - வினைவேக அளவு
real number - மெய்யெண்
receiver - அலை வாங்கி, ஏற்பி
receptor - ஏற்பி, வாங்கி
reciprocating - எதிரெதிராட்ட, முன்பின்னியக்க
recoil - பின்னுந்தம்
rcovery time - மீண்டு வரும் நேரம்
rectangular coordinates - செவ்வக ஆயங்கள்
rectifier - மீன்திருத்தி
red hot - செவ்வெப்பம்
redoublement - இரட்டிப்படைதல்
redox reaction - ஆக்சிஜனேற்ற ஒடுக்க வினை
reductant - ஆக்சிஜன் ஒடுக்கி அல்லது இறக்கி
reduction - ஆச்சிஜனொடுக்கம், ஒடுக்கவினை
red variable stars - செந்நிற மாறுவிண்மீன்கள்
red wolf - சிவப்பு ஓநாய்
reference effective proccessure - சுட்டுப்பயனுறு அழுத்தம்
reflectance - எதிரொளிப்புத்தன்மை
reflecting telescope - எதிரொளிர் தொலைநோக்கி
reflection - எதிரொளிப்பு
reflex - அனிச்சை செயல்கள்
reflex action - அனிச்சை செயல்
refracting telescopes - ஒளிவிலகுத்தொலைநோக்கி
refraction - ஒளிவிலகல்
refractive index - ஒளிவிலகல் எண்
refractometry - விலகல் அளவியல்
regeneration - மீட்பாக்கம்
regular octagon - ஒழுங்கு எண்கோணம்
regular pentagon - ஒழுங்கு ஐங்கோணம்
reinforcement - வலிவூட்டி
relatively prime numbers - சார்பகா எண்கள்
relative velocity - சார்புத் திசைவேகம்
relativistic correction - சார்புத் திருத்தம்
relativistic quantum theory - சார்புக் குவாண்ட்டம் கோட்பாடு
relativistic wave equation - ஒப்புமை அலைச் சமன்பாடு
relativity theory - சர்புடைமைக்கோட்பாடு
reliability - நம்பகம்
reluctance motor - காந்த எதிர்ப்பு மின்னோடி
reniform - சிறுநீரக வடிவம்
repeater synchro - மடங்கி நிகழ்த்தும் ஒத்தியங்கி
representative - பிரதிநிதி
reproduction - இனப்பெருக்கம்
residue - எச்சம்
resilience - வில்லுமை
resin - பிசின்
resistance - மின்தடை
resolution - பிரிப்பு
resolving power - பிரித்துக்காட்டும் திறன், பகுதிறன், பிரிதிறன்
resonance - ஒத்திசைவு, ஒத்ததிர்வு உடனிசைவு
resonance condition - ஒத்திணக்கக்கோட்பாடு. ஒத்திணக்க நிபந்தனை
resonant enhancement - ஒத்ததிர்வுள்ள மேம்படல்

resonator - ஒத்திசைவி
response - துலங்கல், ஏற்புத்திறன் மறுவினை
rest mass - ஓய்வு நிறை
reticulum - வலைப்பின்னல்
retractor muscle - சுருங்கும் தசை
retroflex - நாவளை ஒலிகள்
reversal - எதிர்திருப்பம்
reverberation - எதிர்முழக்கம்
rhythm - நிகழ்வொழுங்கு
rib - வரி, விலா எலும்பு, பழுவெலும்பு
ribosome - ரைபோசோம்
rift zone - பிளவுப்பகுதி
right ascension - வல ஏற்றம்
rigidity - விறைப்பு
ring - வளையம்
ring counter - வளைய எண்ணி
ring nebula - வளைய ஒண்முகிற்படலம்
ripple counter - குமிழிஎண்ணி
rivet - அறையாணி
robot - எந்திர ஏவலாள்
robust - திடமான
rocket - விண்ணுந்தி. ஏவூர்தி
rocket astronomy - ஏவூர்தி வானியல்
rod cell - கோல் செல்
rodenticide - கொறிக்கும் உயிரிக்கொல்லி
root grafting - வேர் ஒட்ட வைத்தல்
roots of equations - சமன்பாடுகளின் மூலங்கள்
rotifera - சக்கர உயிரி
roto dynamic pump - சுழல் இயக்க எக்கி
rotor - சுற்றகம்
rubbing - உராய்தல்
rumen - கால்நடைகளின் இரைப்பை
rust - துரு
sagittal focus - கிடைத்தளக் குவியம்
sample - மாதிரி
sand dune - மணற்குன்று
satellites - செயற்கைக் கோள்கள்
saturated - நிறைவுற்ற, தெவிட்டிய
saturation - நிறைசெறிவு, செறிவடைதல்
saturation current - தெவிட்டு நிலை மின்னோட்டம்
saw blade - வாள் அலகு
scale - செதில், அளவுகோல், அளவீடு
scanning - வரிக்கண்ணோட்டம்
scanning line - அலகிடு கோடு
scatter diagram - சிதறல் விளக்கப்படம்
scattering - சிதறல்
scattering of light - ஒளிச்சிதறல்
scent gland - மணச்சுரப்பி
schist - படலப்பாறை
science and the unseen world - அறிவியலும் கண காணா உலகமும்
science of numbers - எண்களின் அறிவியல்
scintillation counter - மினுமினுப்பு எண்ணி
scion - ஒட்டுமுனை
sclerotic coat - விழிவெளிப்படலம்
sclerotium - இழை முடிச்சு
scolex - தலை
scorpion - நளி விண்மீன்குழு
scarper - தகடு
scrap steel - கழிவு எஃகு
screw jack - திருகு சுமை தூக்கி, திருகுத்தூக்கி
screen grid - திரை கிரிடு
screening method - திரையிடு முறை
sea anemone - கடற்சாமந்தி
sea bottom - கடலடித்தளம்
seasonal movement - பருவகால இடப்பெயர்வு
sea weeds - கடற்பாசிகள்
secant algorithum - சீகண்ட் கணிப்பு வழி
secondary - ஈரிணைய
secondary electron - இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்
secondary emission current amplifier - துணை உமிழ்வு மின்னோட்டப்பெருக்கி
second harmonic generation - இரண்டாம் அடுக்குச் சுர உருவாக்கம்
secondary process - வழிநிலை வினை
seconds of arc - விகலைகள்
sectoral nature - வட்டக்கூறு இயல்பு
secretion - சுரத்தல்
section - வெட்டுமுகம்
seed grading machine - தானியங்கள் தரம் பிரிக்கும் எந்திரம்
seismic waves - நிலநடுக்க அலைகள்
self-noise - தன்னிரைச்சல்
self pollination - தன்மகரந்தச் சேர்க்கை
semiconductor - பகுதிக் கடத்தி
semi evergreen - ஒருபாற்பசுமை
semilogarithmic graph - ஒருபக்க மடக்கை வரைபடம்
seminal vesicle - விந்துப்பை
semipermeable membrane - ஒரு கூறு புகவிடும் சவ்வு
sensitivity - உணர்வு நுட்பம்
sensitized luminescence - உணர்வூட்டிய ஒளிர்வு
sensor - புலன்
sequence - ஒழுங்கு வரிசை
series connection - தொடரிணைப்பு
settling velocity - படிவு வேகம்
suxagesimal - அறுபதின்ம
sex determination - பால் நிர்ணயம்
sexual reproduction - கலவி இனப்பெருக்கம்
sexual sign - பாலினக்குறி
shaft - அச்சுத்தண்டு
shale - களிப்பாறை
shape - வடிவம்
shear stress - துணிப்புத்தகைவு

shell model - கூடு மாதிரி
shoal - மீன்கூட்டம்
shock waves - அதிர்ச்சி அலைகள்
short circuit - குறுக்கிணைப்பு, குறுகியமின்னோட்டம்
shortday plants - குறுபகல் தாவரங்கள்
shorting stars - பாயும் விண்மீன்கள்
shoulder blade - தோள்பட்டை
shunt connection - பக்க இணைப்பு
shutter - சாளரத்திரை
side reaction - கிளை வினை
sieve - சல்லடை
signal - சைகை
similar figures - ஒத்த உருவங்கள்
simple correlation - தனி ஒட்டுறவு
simple hormonic motion - சீரிசை இயக்கம், தனி இசை இயக்கம்
simple pendulum - தனிஊசல்
simulator - ஒப்புமையாக்கி
single crystal - ஒற்றைப்படிகம்
single detector couplers - ஒற்றைத்துலக்கி இணைப்பிகள்
single electrode - ஒற்றை மின்முனை
single phase - ஒற்றைத் தறுவாய்
sinus venosis - சிரைக்குடா
skeleton - சட்டகம்
skin lesion - தோல் சிதைவு
skylab space craft - ஸ்கைலாப் ஏவூர்தி
slab - பலகம்
slag - கழிவு
slenderness ratio - மெலிமை விகிதம்
slider - நழுவி
sliding value - நழுவும் அடைப்பிதழ்
slime gland - களிம்புச் சுரப்பி
slip ring - நழுவு வளையம்
slit - கீற்று, பிளவு
slot - காடி, வரிப்பள்ளம்
slow acting poison - நின்று கொல்லும் நச்சு
smut - நூசி நோய்
snout - மூக்குத்தண்டு
solar eclipse - ஞாயிறு மறைப்பு
solar eye - சூரியக் கண்ணோக்கி
solar flame - சூரியத் தீக்கொழுந்து
solar system - சூரிய மண்டலம்
soldering - சூட்டிணைப்பு
solenoid - வரிச்சுருள்
solid solubility - முழுத் திண்மக் கரைதன்மை
solid state theory - திண்நிலைக் கருத்து
solubility product - கரைதிறன் பெருக்குத்தொகை
solution - கரைசல்
solution of linear system - நேரியல் அமைப்புகளின் தீர்வு
solution of partial differential equation - பகுதி வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்வு
solution vector - தீர்வுத் திசையன்
solvent - கரைப்பான்
solvent extraction - கரைப்பான் சாறுஇறக்கல்
sonic barrier - ஒலியெல்லைத்தடை
sonic depth finder - ஒலி ஆழமானி
sonobouy - ஒலி மிதவை
sonometer - இழை அதிர்வு அளவி
sorting - பிரித்தல்
sounding rocket - மீ விசும்பாய்வு ஏவூர்தி
sound pressure level - ஒலியின் அழுத்த மட்டம்
sound receiver - ஒலி ஏற்பி
sound signal - ஒலிச்சைகை
space - வெளி
space resolution - இடப்பிரிதிறன்
space, time, gravitation - விண்வெளி, நேரம், ஈர்ப்புவிசை
spalling - வெடித்துப்பிரிதல்
spanner - புரி முடுக்கி
spark - பொறி
spark chamber hodoscope - பொறிக்கல ஓடல்
spark gap - மின்பொறி இடைவெளி
spark ignition engine - மின்பொறி எரிபற்றுப் பொறி
special quantisation - இடம் சார்ந்த குவாண்ட்டப் படுத்துதல்
species - இனம்
specific acoustic impedance - ஒலி மறுப்பு எண்
specific gravity - ஒப்பு அடர்த்தி
specific heat capacity - வெப்ப ஏற்புத்திறன்
specific resistance - தடை எண்
specific rotation - அலகு கோணத் திரிபு
spectral characteristics - நிறமாலைச்சிறப்பியல்புகள்
spectral luminous efficacy - நிறமாலை ஒளிர்வளமை
spectral response - நிறமாலை மறுதலிப்பு
spectrograph - நிரலிய வரைவி
spectroheliography - நிறமாலை வரைவி
spectroscope - நிறமாலைக்காட்டி
spectroscopy - நிறமாலையியல், நிரலியல்
spectrograph - நிறமாலை வரைவி
spectrum - நிறமாலை, நிரல்
speed axis - வேக அச்சு
sperm - விந்து
spherical aberration - கோளப்பிறழ்ச்சி
spin - தற்சுழற்சி
spinal cord - தண்டுவடம்
spin conservation - தற்சுழற்சி மாறாமை
spine - சிறுமுள்
spin motion - தற்சுழற்சி இயக்கம்

spinning glands - நூல் சுரப்பிகள்
spin quantum number - சுழற்சிக் குவாண்டம் எண்
spiny anteater - கூர்முள் எறும்புண்ணி
spiny porcupine - கூர்முள் முள்ளம்பன்றி
spiracle - சுவாசத்துளை
spiral - சுருள், சுருளி
splashing - வாரியடித்தல்
splined shaft - காடித்தண்டு
sponge - கடற்பஞ்சு, கடற்பாசி
sporangium - சிதலகம்
spring - இளவேனிற்காலம்
spring tide - ஓதப்பெருக்கு
spur - குறுமுள், குழல்
spur gear - குதிமுள் பல் சக்கரம்
spurious correlation - குதிமுள் போலி ஒட்டுறவு
sputtering - அணுத்தெறிப்பு
square matrix - சதுர அணி
squash - நசுக்குச்சாறு
stability ratio - நிலைப்பு விகிதம்
stabilizer - நிலைப்படுத்துவான்
stage - கட்டம்
staircase - மாட்டிக்கட்டு
stalagmite - பொங்கூசிப்பாறை
stalk - காம்பு
standard deviation - திட்ட விலக்கம்
standard frequency source - படித்தர அதிர்வெண் மூலம்
standard potential - செந்திர மின் அழுத்தம், நியம மின் அழுத்தம்
stapes - அங்கவடி எலும்பு
state of selection - தெரிவு செய்நிலை
static - நிலையியல்
stator - நிலையகம்
starch - மாவுப்பொருள்
star sensor - விண்மீன் உணர்வான்
steam distillation - காய்ச்சி வடித்தல்
stellar astronomy - உடுக்கண வானியல்
stellar movements and the structure of the universe- விண்மீன்களின் இயக்கமும் அண்டத்தின் கட்டமைப்பும்
step ledder - படிக்கட்டு ஏணி
stepped refractive index profile - பகுவடிவ ஒளி விலகல் எண்
stereo - திட்பக் காட்சிக் கருவி
stereoisomer - முப்பரிமான வேதியியல்
stereo isomerism - முப்பரிமான மாற்றியம்
stereoscopy - பரு நோக்கு முறை
stereovision - திட்பக் காட்சி
steric hindrence - கொள்ளிடத் தடை
stiffness - விறைப்புத் தன்மை, உறுதி
stimulus - தூண்டல்
sting - கொடுக்கு
stirlings central difference quadrature formula - ஸ்டர்லிங்கின் மைய வேறுபாட்டுப் பரப்பு காண் வாய்ப்பாடு
stolon - தண்டு
strain - திரிவு
strange particle - விந்தைத்துகள்
stratosphere - மீவளிமண்டலம்
streak - மெல்லிய கோடு
stress - தகைவு
striation - வரியமைப்பு
structural drawing - கட்டக வரைபடம்
structure - கட்டமைப்பு
strut - முட்டு
strychnine - எட்டிச்சத்து
sub complex - உட்கலப்பு
sublimation - பதங்கமாதல்
sub-lingual - நாவின் கீழ்சுரப்பி
submarine signal company - நீர்மூழ்கிச் சைகை நிறுவனம்
submersible motor - நீர்மூழ்கு மின்னோடி
submissive - பணிவு நிலை
sub phylum - உள்தொகுதி
supplemented - குறை நிரப்பு
subsidiary quantum number - துணைக்குவாண்டம் எண்
subsonic speed - ஒளியினும் தாழ்ந்த வேகம்
substituent - பதிலி
substitution - பதிலீடு
subtropical - வெப்பச்சார்பு
succulent - சதைப்பற்று
sucker - ஒட்டுறுப்பு
sulphonation - சல்ஃபோனேற்றம்
sum - கூட்டுத்தொகை
summands - கூட்டப்படவேண்டியவை
sunken stomata - அமிழ்ந்த இலைத்துளை
superimposable - கவ்வி பொருத்தம், மேற் பொருத்தம்
superlattice transition - அணிக்கோவை மாற்றம்
super novae - மீ ஒளிர்மீன்கள், சிதைவுறு ஒளிர் விண்மீன்கள்
super saturated - மிகு தெவிட்டிய நிலை
support - தாங்கி
suppressor grid - தடுக்கும் வலை
surd - விகிதமுறா மூலம்
surface brightness - புறப்பரப்பு பொலிவு
susceptance - ஏற்பு
susceptibility - ஏற்குமை
suspended ceiling - தொங்கு கூரை
suspension - திண்குழைமம்
sustainer - நிலைநிறுத்தி
swamp - சதுப்புநிலச்சேறு
swarming - இனப்பெருக்கப்பறத்தல்

sweep signal - இழுப்புக்குறியீடு
switch - இணைப்பு மாற்றி
symbiosis - இணைவு வாழ்வு முறை
symmetry - சமச்சீர்
syncarpy - இணைச்சூலக இலைத்தன்மை
synchro - ஒத்தியங்கி
synchro clash - ஒத்தியக்கமுட்டு முடுக்கி
synchronization - ஒத்தியக்கல்
synchronizing pulse - ஒத்தியக்கத் துடிப்பு
synchronous motor - ஒத்தியக்க மின்னோடி
synchroscope - ஒத்தியங்கு அளவி
synthesis - தொகுப்பு
synthetic - செயற்கை
synthetic aperture holography - கூட்டுத்துளை முப் பரிமாணப்படவியல்
synthorax - இணைந்த மார்பு
system - அமைவு
system of lenses - வில்லைக் கூட்டமைப்பு
system tank - ஏரித்தொகுதி
tadpole - தலைப்பிரட்டை
tangents - தொடுகோடுகள்
tautomerisun - இயங்கு சமநிலை மாற்றியம்
tap - மடை, வடிமுனை
tappet - தள்ளு அமைவு
target - இலக்கு
taurus - இடபம்
teat cup - உறிஞ்சும் கிண்ணம்
tele photograph - தொலை ஒளிப்படம்
temperature gradient - வெப்பச்சரிவு
templates - அச்சுப் பலகைகள்
tendril - பற்றும் கம்பி
tension - இழுவிசை
tensitivity - நீள்தன்மை
tentacle - உணர்இழை, உணர்நீட்சி
termite - கறையான்
tertiary - மூவிணைய
testis - விந்தகம்
tetrahedron - நான்முகி
texture - நுண் இழைமை
thermal blooming - வெப்ப மலர்ச்சி
thermal explosion - லெப்ப வெடித்தல்
thermal gradient - வெப்பச்சரிவு
thermal radiations - வெப்பக் கதிரியக்கங்கள்
thermionic emission - வெப்பமின் வெளியீடு, வெப்ப அயனி உமிழ்வு
எதிர்வெப்பநிலை கலைச்சொல்
thermodynamical system - வெப்பவியக்கவியலமைப்பு
எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் கலைச்சொற்கள
thermo electron - வெப்ப எலெக்ட்ரான்
thermostat - வெப்ப நிலைப்பி
thickening agent - கெட்டிப்படுத்தும் பொருள்
thinurag - செடி துவைத்தல்
thorax - மார்பு
three dimension - முப்பரிமாணம்
three phase supply - முத்தருவாய் உள்தடுகை
threshold energy - பயன்தொடக்க ஆற்றல்
threshold frequency - செயல் தொடக்க அதிர்வெண், வரை எல்லை அதிர்வெண்
tibium - டிபியம்
tidal current - ஓத நீரோட்டம்
tidal power - ஓத ஆற்றல்
tidal range - ஓத அகல்வு
tidal stream - ஓத நீரோட்டம்
tidal waves - ஓத அலைகள்
tide - ஓதம், ஏற்றவற்றம்
tie - நாண்
tilt - சாய்வு
timer - நேரங்காட்டி
tissues - திசுக்கள்
tone - திண்மநிலை
tongue fish - நாக்குமீன்
topography - நில அமைப்பு
top quark - மேற்பாக குவார்க்
toric - உருளை வளையம்
torque - திருக்கம், முறுக்குவிசை, சுழல்விசை
torsional vibrations - முறுக்கலைவுகள்
total differentiation - முழுவகையீடல்
total eclipse - முழு மறைப்பு
toal internal reflection - குழு அகப்பிரதிபலிப்பு
total luminous flux - மொத்த ஒளிவிளக்கப் பாயம்
total solar eclipse - முழுச் சூரியன் மறைப்பு
tourniquet - உறை
towing tank - மிதவைத்தொட்டி
toxicology - தச்சுயியல்
toxin - நச்சு
tracer analysis - சுவடுகாண் ஆய்வு
trachea - மூச்சுக்குழல்
trajectory - எறிபொருள் பாதை
trans - மாறுபக்க
transceudeutal numbers - அறிவியல் எண்கள்
transducer - ஆற்றல் மாற்றி
transfer impedance - மாற்ற மறிப்பு
transformation - உருமாற்றம்
transformer - மின் மாற்றி
transistor - திரிதடையம்
transition energy - இடைப்பெயர்வு ஆற்றல்
transition layer - இடைப்பெயர்வுப் படலம்
ஒளிகசியும் ஊடகம் கலைச்சொல்
translucent - ஒளி கசியும் ஊடகம்
transmissability - செலுத்தப் பண்பு
transmission - செலுத்துதல்
transmission loss - செலுத்தீட்டு இழப்பு
transmisson rate - கடத்துதல் வீதம்

transmission stage - நிலைத்திரிபு நிலை
எதிரொளிப்புமானி கலைச்சொல்
transmisso meter - கடத்தல்மானி
transmittance - கடத்துதிறன்
transmitter - ஒலிபரப்பி, ஊடனுப்பி
transverse reinforcement - குறுக்கு வலிவூட்டி
transverse waves - குறுக்கலைகள்
trapezium - நாற் சதுரம்
trapezoidal rule - கோடகம் சார்ந்த விதி
trend - போக்கு
trigonometric functions - முக்கோணச் சார்புகள்
trilaminar - மூன்றடுக்குகளாலான
trimer - முப்படி
tripoblastic - மூவடுக்குடைய
tristenga disease - திடீர் நலிவு நோய்
trivalent - மூவிணைதிறன்
tropical forest - வெப்பமண்டலக்காடு
tropical sea - வெப்பமண்டலக்கடல்
tropic movement - திசை சார்பு இயக்கம்
tropics - வெப்ப மண்டலம்
truck - ஊர்தி
true direction - உண்மைத்திசை
trumpet - எக்காளம்
trrunk borer - தண்டு துளைப்பான்
tube foot - குழற் கால்
tubercle - பிறப்புடைப்பு
tubule - நுணகுழல்
tumour - அடிலைக் கட்டி
tuning - இசைவுசெய்தல்
turbidity current - கலங்கல் நீரோட்டம்
turbine - சுழலி
turbulent - கொந்தளிப்பான
turbulent flow - கொந்தளித்த ஓட்டம்
turning - காற்றுக்குழாய்
twilight - மித ஒளியுள்ள
twin axis - இரட்டுறல் அச்சு
twin reflex lens - இரட்டை எதிரொளிப்பு வில்லை
twisted bar முறுக்கப்பட்ட கம்பி
types of resistance - எதிர்ப்புத்திறன் வகை
tyrosin - டைரோசின்
ultra microscope - மீ நுண்ணோக்கி
ultrasonics - செவியுணரா ஒலி
ultra violet - புற ஊதா
ultra violet radiation - புற ஊதாக் கதிர் வீச்சு
ultra violet region - புற ஊதாப்பகுதி
ultra violet rays - புற ஊதாக் கதிர்கள்
ultimate tensile strength - அறுதி இழு வலிமை
umbrella effect - குடை விளைவு
umbra - கரு நிழற்பகுதி
under reamed pile - குமிழ் நிலத்தூண்
uniaxial ஓரச்சு
uniaxial crystal - ஓரச்சுப்படிகம்
unified field theory - ஒன்றிய புலக் கோட்பாடு
unilocular - ஒற்றை அறை
unimolecular reaction - ஒரு மூலக்கூறு வினை
unitary group - ஒன்றிய குழு
unitary symmetry - ஒன்றிய சமச்சீர்மை
unit cell - அலகுக்கூறு
unit disc - அலகு வட்டம்
united points - சிறப்பான புள்ளிகள்
unit prism - அலகுப்பட்டகம்
univalent - ஒற்றை மதிப்பு
universe - பேரண்டம்
unsaturated - நிறைவுறா, தெவிட்டா
up quark - மேல் குவார்க்
uric acid - யூரிக் அமிலம்
ursa major - பெருங்கரடி மண்டலம்
utility - பயன்பாடு
valence band - இணைதிறன் பட்டை
valence electron - இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்
valency - இணைதிறன்
valve - கட்டுப்பாட்டிதழ்
vapour lock - ஆவித்தடை
variable capacitor - மாறுமின்தேக்கி
variables - மாறிகள்
variable stars - மாறுவிண்மீன்கள்
variation movement - வேறுபாட்டு இயக்கம்
varnish - மெருகெண்ணெய்
vasdeferens - விந்து நாளம்
vector - திசையி
vegetative growth - தழை வளர்ச்சி
vein - நரம்பு, சிரை
vein deposit - நரம்புப்படிவு
velocity - திசைவேகம்
ventral fin - வயிற்றுப்புறத்துடுப்பு
ventricle - இதயக்கீழறை
venturi - குறுவழி
venus - வெள்ளி
vertebra - முள்ளெலும்பு
vertex - கோணமுனை
vertical axis - குத்து அச்சு, நிலைக்குத்து அச்சு
vertical stirrup - குத்துப்பிடிப்புக் கம்பி
vertices - உச்சிகள்
vesicle - குமிழி
vestigeal organ - எஞ்சிய உறுப்பு
vestigeal teeth - எஞ்சிய பற்கள்
vibration - அதிர்வு
vibration curve - அதிர்வு வளைவு
view finder - காட்சி காட்டி, காட்சித்திரை
Vikram Sarabhai space centre - விக்கிரம் சாராபாய்
விண்வெளி மையம்
violent eruption - கடுமையாக வெளிபடுதல்

virial coefficients - விரியல் குணகங்கள்
viscera - உள்ளுறுப்புகள்
viscosity - பாகுத்தன்மை
visible light - கட்புலன் ஒளி, கண்ணுறு ஒளி
visible spectrum - கண்ணுறு நிறமாலை
visibly - பார்வை
vision - பார்வை
vitreous glaze - கண்ணாடி போன்ற மெருகு
volatile - விரைவில் ஆவியாகக் கூடிய
volatility - ஆவியாகும் தன்மை
volcanic bomb - எரிமலைக் குண்டு
voltage - மின்னழுத்தம்
volt meter - மின்னழுத்தமானி
volume - பருமம்
volume indicator - உரப்புக்காட்டி
volume shift - பருமப் பெயர்ச்சி
volumetric analysis - பருமணறி பகுப்பாய்வு
vulcanisation - கந்தக வலியூட்டல்
warning colouration - எச்சரிப்பு வண்ணம்
warp - உருச்சிதைவு
water-proofed leather - ஓதத்தடுப்பு செய்யப்பட்ட தோல்
water-repellant leather - நீர் எதிர்க்கும் தோல்
water-resistant leather - நீர்க்கலப்புத் தோல்
water-vascular system - நீர்க்குழாய் மண்டலம்
wave front - அலை முகப்பு
wave function - அலைச் சார்பு
wave impedance - அலை மறிப்பு
wave length - ஒலி வீச்சு அலைவு நீளம்
wave let - அலைக்குட்டி
wave number - அலை எண்
wave trap - அலைதடுப்புச் சாதனம்
weak interaction - வலிமை குறைந்த வினை
wear resistance - தேய்வுக்காப்பு
web plate - இடையிணைப்புத்தகடு
web spinner - வலைப்பின்னிகள்
wedge - ஆப்பு
weedicide - களைக்கொல்லி
weightlessness - எடையின்மை
wet strength - ஈரப்பலம்
whale - திமிங்கிலம்
whirlpool - நீர்ச்சுழற்சி
white dwarf - வெள்ளை குறுவிண்மீன்
whorled - வட்ட அமைப்பு
winding - சுருணை
wink - மினுக்கொளி
winter buds - பனிப்பருவ மொட்டுகள்
wire brush - கம்பித்தூரிகை
wolf - ஓநாய்
wood loil - கட்டை எண்ணெப்
worker ants - தொழிலாளி எறும்புகள்
work function - வேலைச் சார்பு
work piece - செய்பொருள்
x ray - எக்ஸ்கதிர்
x ray astronomy - எக்ஸ் கதிர் வானியல்
x ray diffraction - எக்ஸ் கதிர் கோட்டம்
x ray flourescence analysis - x கதிர் ஒளிர்வு பகுப்பு
x ray optics - எக்ஸ்-கதிர் ஒளியியல்
x ray star - எக்ஸ் கதிர் விண்மீன்கள்
x ray-telescope - எக்ஸ்கதிர் தொலைநோக்கி
yawing - பக்க வாட்டில் சரிதல்
yield stress - நெகிழ்த் தகைவு
yoke - நுகம் அல்லது இணைப்புச்சட்டம், கவை
zero - பூச்சியம்
zodiacal light - இராசி ஒளி
zone melting - பகுதி உருக்கல்
zone plate - மண்டலத்தட்டு
zoom lens - உருப்பெருக்க மாற்றவில்லை
zooplankton - விலங்கு மிதவையம்
zoospores - விலங்கினச் சிதல்கள்
zygomorphy - இருபக்கச்சமச்சீர்
zygote - கருமுட்டை
zodiacal light - ஓரை ஒளி, இராசி ஒளி
zygomorphy - இருபக்கச் சமச்சீர்

hemamala - akaram